

و. جراهام ريتشاردز

أسرار الكيمياء

ترجمة : هاشم أحمد محمد

مراجعة : د. السيد عطا



W.GRAHAM RICHARDS

THE PROBLEMS OF CHEMISTRY



و.جراهام ريتشاردز

أســرار الكيمياء

ترجمة

هاشم أحمد محمد

مراجعة

د. السيد عطا

الهيئة المصرية العامة للكتاب

٢٠٠٠

مشروع الألف كتاب الثاني

نافذة على الثقافة العالمية

المحتويات

افتتاحية

للكيمياء بداية ، يرجع تاريخها وفقاً للتقديرات المعقولة إلى بضع مئات الآلاف من السنين من بعد الانفجار العظيم big bang، الذى يعد بمثابة لحظة بدء الكون حسبما نفهمه. ففى ذلك الحين تكونت الجزيئات، قبل زمن طويل من ظهور المجرات أو الأجسام الصلبة إلى الوجود. وتكون الجزيئات وما تلاها من تفاعلات، أدّى إلى تكوين جزيئات جديدة، ثم أجسام صلبة، وفى نهاية المطاف أصبح العالم على ما نحن عليه اليوم، وكل ذلك يشكل صلب مادة الكيمياء. فالكيمياء كفرع من فروع الدراسة الأكاديمية، هى أولاً وقبل كل شىء، دراسة الظواهر على مستوى الجزىء.

والجزىء، هو أصغر وحدة مستقرة فى المادة فى ظل الظروف السائدة فى عالمنا، ولذا لا مفر من أن تغطى دراسة الظواهر على المستوى الجزيئى مجالات واسعة النطاق. والوحدة الأساسية لكل شىء تقريباً نراه أو نلمسه أو نشعر به، هى بالفعل وحدة جزيئية. وعلى ذلك، تشمل الكيمياء البيولوجيا الجزيئية molecular biology، وطبيعة المواد، وخواص الغازات فى كل من الغلاف الجوى والفضاء النجمى.

ولم يعرف الناس أن الجزيئات هى الوحدات البنائية للمادة إلا فى القرن التاسع عشر، لأن معظم المواد إنما هى خليط معقد من جزيئات هى مركبة أصلاً، وبالتالى كانت أكبر من قدرات الكيميائيين الأوائل على الفهم التحليلى. إلا أنه بمجرد أن بدأ العلماء فى تحديد الطبيعة الجزيئية للمواد، أصبح التقدم سريع الخطى. وحالياً، بلغ عدد الجزيئات المتباينة التى أمكن التعرف عليها حتى الآن نحو عشرين مليون جزىء. ولقد بلغ من التقدم العلمى أنه صار بالإمكان استنتاج تركيب العديد من الجزيئات بمجرد معرفة وحدات البناء المكونة لها.

أى ذراتها . وفى نفس الوقت ، ما زالت التجربة، وليس الاستنتاج القائم على أسس علمية سليمة، هى التى يستمد منها قدر كبير من نتائج خلط الجزيئات من أجل إحداث تفاعلات تنشأ منها جزيئات جديدة، وحتى إن أمكن أحياناً التنبؤ بنواتج هذه التفاعلات ، فسوف يظل معدل (أو سرعة) التفاعلات أمراً رهن التخمين.

وبمقارنة الكيمياء بالموضوعات المتصلة بها، ونعنى الفيزياء والبيولوجيا، فإنها تبدو غالباً من الموضوعات غير المثيرة . وكفرع من الدراسة، فإنها لا تتمتع بالانتشار الصحفى أو الإعلامى مثل كواركات الفيزياء وجسيماتها، أو الثقوب السوداء والفلك، أو التقدم الذى يحدث فى البيولوجيا والطب. ورغم ذلك، كان للكيمياء من بين جميع فروع الدراسة الأكاديمية ، الأثر بعيد المدى على القيم والعادات الاجتماعية. فربما كان تأثير القنبلة الذرية تأثيرا مدوياً، إلا أن حياة الناس قد تأثرت إلى حد بعيد بالابتكارات الأقل تأثيراً، مثل: المنظفات، والألياف الصناعية، والأصباغ التخليقية، والمضادات الحيوية، وحبوب منع الحمل، وهى جميعاً من ثمار الكيمياء.

ويسر المؤلف أن يعرب عن شكره وامتنانه للمساعدة الكريمة التى قدمها له هوج أوليفر فى تحرير الكتاب.

مقدمة المترجم

الفرق بين دولة نامية ودولة متقدمة، هو أن الأخيرة تعتمد بشكل كامل على الإنجازات العلمية المتمثلة فى التطبيقات التكنولوجية فى جميع مجالات الحياة، سواء فى الاستخدام العسكرى أو فى الحياة المدنية. ففى الاستخدام العسكرى، تستطيع الدولة المتقدمة تكنولوجياً اللجوء للحل العسكرى بفضل أسلحتها المتطورة، وتحقيق مصالحها السياسية، كما شهدنا مؤخراً فى حرب الخليج، وفى الصراع الدائر بين العرب وإسرائيل.

أما فى الحياة المدنية، فنجد أن التطور التكنولوجى يوفر للشعب حياة رغدة؛ ويتمثل ذلك فى طرق معبّدة ووسائل انتقال مريحة ومساكن صحية، وينعم المواطن بالرعاية الصحية والغذاء الجيد، إلخ.

والكيمياء من العلوم التى تؤثر تطبيقاتها على حياتنا تأثيراً مباشراً،على الرغم من عدم تمتعها بالانتشار الصحفى الذى يحظى به شقيقاها: علما البيولوجيا والفيزياء. فاستخدام الغاز الطبيعى فى المنازل، والملابس الزاهية المصطبغة بالألوان، والأدوية، والدهانات، وتعبيد الطرق،ما هى إلا أمثلة قليلة من مجالات تفوق الحصر،كان لإسهام الكيمياء بشقيها العضوى وغير العضوى الدور الرائع فيهما، ومن ثم فى الحياة العصرية التى نحياها. والشىء بالشىء يذكر، فقد وهبنا الله أعظم معمل كيماوى، ألا وهو جسم الإنسان. فلكى ننتفع بالغذاء، يجب أن يمر بعدة عمليات كيميائية من أجل بناء أنسجة الجسم والحصول على الطاقة. والشىء الذى لا يستطيع أن يحيا الإنسان بدونه على الإطلاق،هو الماء الذى يتكون من اتحاد ذرتى هيدروجين بذرة أكسجين.

وفى هذا الكتاب الذى قمت بترجمته للمكتبة العربية،يستعرض المؤلف الدور العظيم الذى تسهم به الكيمياء فى إثراء الحياة العصرية، ويوضح المسئولية الملقاة على عاتق الكيميائى، عن طريق ابتكار طرق حديثة للتغلب على المشاكل الناجمة عن التلوث البيئى، وابتكار مواد جديدة تتماشى مع مقتضيات العصر.

والله الموفق

هاشم أحمد محمد

يوليو ١٩٩٩

كيف بدأت الكيمياء:
جزيئات فى الفضاء النجمى

فى البداية، وفقاً لأفضل النظريات العلمية المتاحة، كان هناك انفجار هائل. فالانفجار العظيم big bang، كما يطلق عليه الفيزيائيون وعلماء الكون، اتُّفق بشكل عام على أنه اللحظة الفريدة التى بدأ عندها الكون. ويرجع تاريخه فيما يعتقد إلى قرابة ثلاثة عشر ألف مليون سنة ، عندما كانت كل المادة والطاقة مجمعة معا فى نقطة واحدة ، فحدث انفجار جعل كل جسيم من جسيمات المادة يندفع بعيداً عن الجسيم الآخر. ولا تزال هذه العملية مستمرة حتى وقتنا هذا، حيث تتباعد المجرات عن بعضها البعض ، ومن ثم جاء وصف الكون بـ «الكون المتمدد» expanding universe.

تكوين الذرات

تمتد معلومات الفيزيائيين حالياً عن الكون إلى ما بعد الانفجار العظيم مباشرة بثانية واحدة، بل إلى أقل من واحد بالمائة من الثانية؛ ففى تلك المرحلة، كانت درجة حرارة الكون أشد سخونة من مركز الشمس، وكانت كثافته تزيد على كثافة الماء بليون مرة. ومنذ تلك اللحظة، أخذت درجة حرارة الكون تنخفض، وكثافته تقل بمعدل سريع فى البداية، ثم أخذ المعدل بعد ذلك يتباطأ تدريجياً. وعندما استمرت درجة الحرارة فى الانخفاض، أخذت المكونات الأساسية للمادة تتجمع تدريجياً، لتعطى تركيبات أكثر تعقيداً وأكثر ثقلاً، مثلما يحدث على مستوى أبسط عندما يبرد البخار ليعطى فى البداية الماء، ثم يتحول الماء إلى ثلج.

وفى الدقائق الأولى من بداية الكون ، كان الوجود المادى الوحيد مقصوراً على مجرد الجسيمات الأساسية fundamental particles، التى تعتبر وحدات البناء building blocks

للنوى الذرية (الجسيمات المركزية للذرات). وحالياً، لكى ندرس هذه الجسيمات، فإننا نضطر إلى استهلاك مقادير هائلة من الطاقة، وإجراء تجارب تصادمية لتحطيم الذرات. ويتم إجراء مثل هذه التجارب فى إطار علم فيزياء الجسيمات، بواسطة معجلات عملاقة باهظة التكاليف، كتلك الموجودة فى معامل المركز الأوربى للأبحاث النووية:(*) CERN بمدينة جنيف بسويسرا أو فى مسارع ستانفورد الخطى Linear Acceleratorn بولاية كاليفورنيا.

وما هى إلا نحو ثلاث دقائق من الانفجار العظيم ، حتى بدأت تحدث عملية عكسية لتلك التى تقع عند انفجار قنبلة ذرية، أو عند توليد الطاقة النووية؛ ألا وهى تخليق المادة من الطاقة.

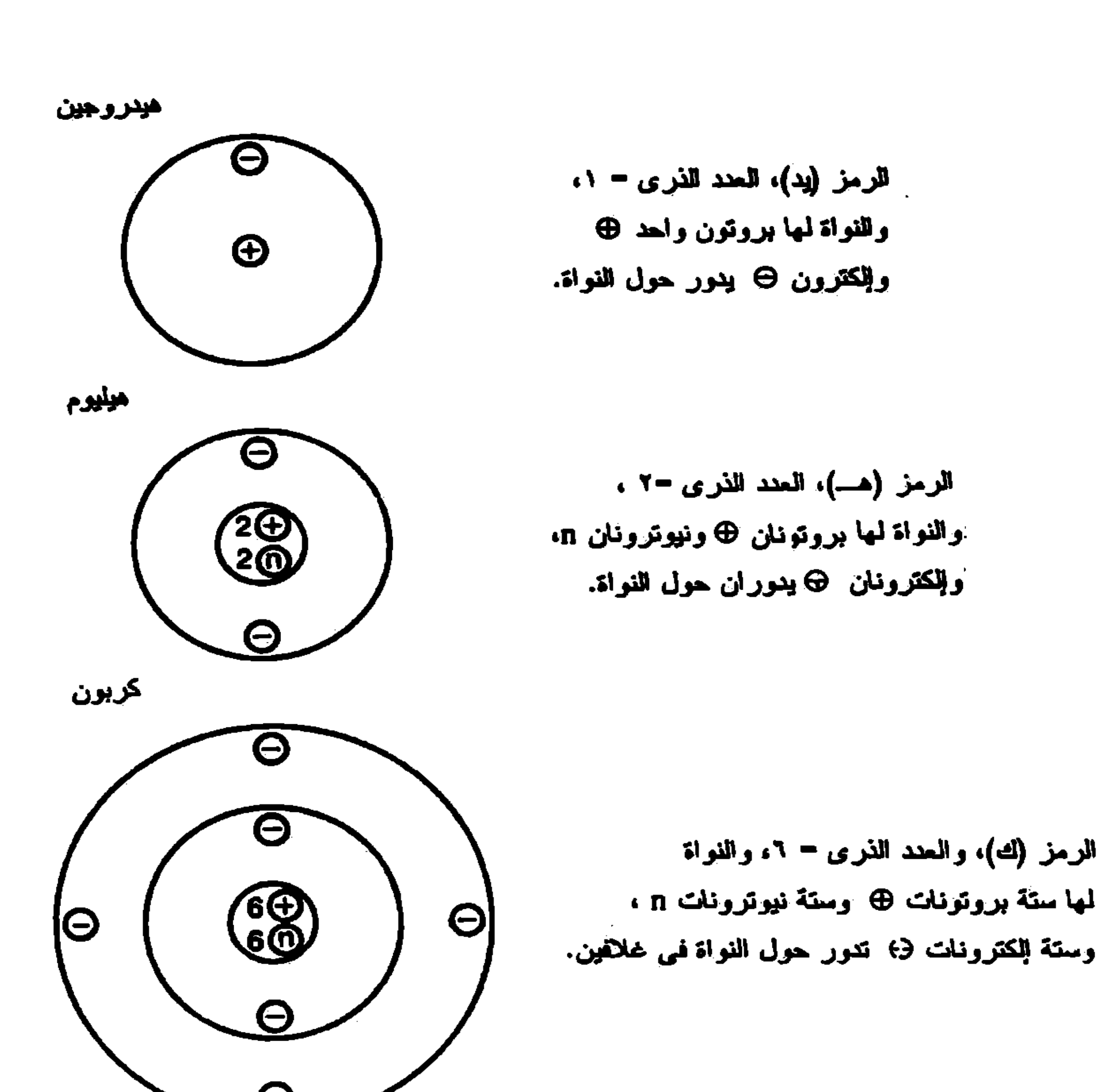
ففى محطات القدرة النووية، تتحرر الطاقة التى كانت تربط بين الجسيمات الأساسية المكونة لنوى الذرات، فى صورة حرارة، وتستخدم فى توليد البخار، المستخدم فى تشغيل التوربينات. وتتولد الطاقة من المادة وفقًا لمعادلة آينشتين Einstein الشهيرة ط= ك × ع٢، حيث ترتبط الطاقة (ط) بالكتلة (ك) بواسطة معامل ثابت كبير (ع٢)، وهو مربع سرعة الضوء. ولما كانت السرعة التى ينتقل بها الضوء سرعة عالية جداً (١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية)؛ فإننا لا نحتاج إلا مقادير ضئيلة من المادة، من قبيل اليورانيوم أو البلوتونيوم، لتوليد كميات هائلة من الطاقة. وفى الكون البدائى طبقت المعادلة بصورة عكسية، حيث استخدمت مقادير هائلة من الطاقة لتكوين كميات صغيرة نسبياً من المادة، البعض منها فى صورة نوى ذرية مشحونة بشحنة كهربية موجبة، والبعض الآخر على هيئة وحدات بنائية أخرى من المادة، مثل الإلكترونات electrons.

وبدأت الشحنات الكهربية الموجبة الموجودة فى النوى الذرية تجذب الإلكترونات الدقيقة المشحونة بشحنة سالبة، مثلما تتجاذب الأقطاب الشمالية والأقطاب الجنوبية للمغنطيسات. غير أن قوى الجذب هذه اصطدمت بعاملين معوقين، هما: الهيولية(**) المطلقة sheer chaos، والتخبط العشوائى للجسيمات الملتهبة - مثل مجموعة مغنطيسات هزت بعنف ، فضعفت قوى التجاذب فى مواجهة الصدمات الناجمة عن تخبطها العنيف فيما بينها. غير أنه بعد بضع مئات آلاف السنين برد الكون بدرجة كافية ، جعلت القوى الجاذبة تتغلب على الهيولية العشوائية، واشتركت الإلكترونات المشحونة بشحنة سالبة مع النوى المشحونة بشحنة موجبة لتكوين ذرات متعادلة neutral atoms .

(*) المركز الأوربى للأبحاث النووية: هو المركز الرئيسى لأبحاث فيزياء الجسيم، وتدعمه معظم الدول الأوربية، ويوجد بمدينة جنيف بسويسرا،وتأسس عام ١٩٥٤. [المترجم].

(**) تختلف ترجمة مصطلح chaos من مرجع إلى آخر ، فالبعض يترجمها بالفوضى، والبعض الآخر بالشواش، وقد اقترح الأستاذ على يوسف ترجمتها بالهيولية. [المحرر].

وفى الوقت نفسه، أسفرت عملية اندماج النوى عن تكون أنواع مختلفة من الذرات، ونشأ نتيجة لذلك نحو مائة عنصر كيميائى مستقل (وإذا توخينا الدقة فهناك اثنان وتسعون عنصراً، تكونت بصورة طبيعية، ويعد اليورانيوم uranium أثقل هذه العناصر؛ ومنذ عام ١٩٤٥، تم تخليق نحو اثنى عشر عنصراً اصطناعياً أثقل من اليورانيوم)، ويتميز كل عنصر element بعدد الشحنات الموجبة على النواة، وهو معروف باسم العدد الذرى atomic number. وتحاط النواة فى الذرة المتعادلة كهربياً بعدد مماثل من الإلكترونات السالبة. وتشكل الذرات المتعادلة

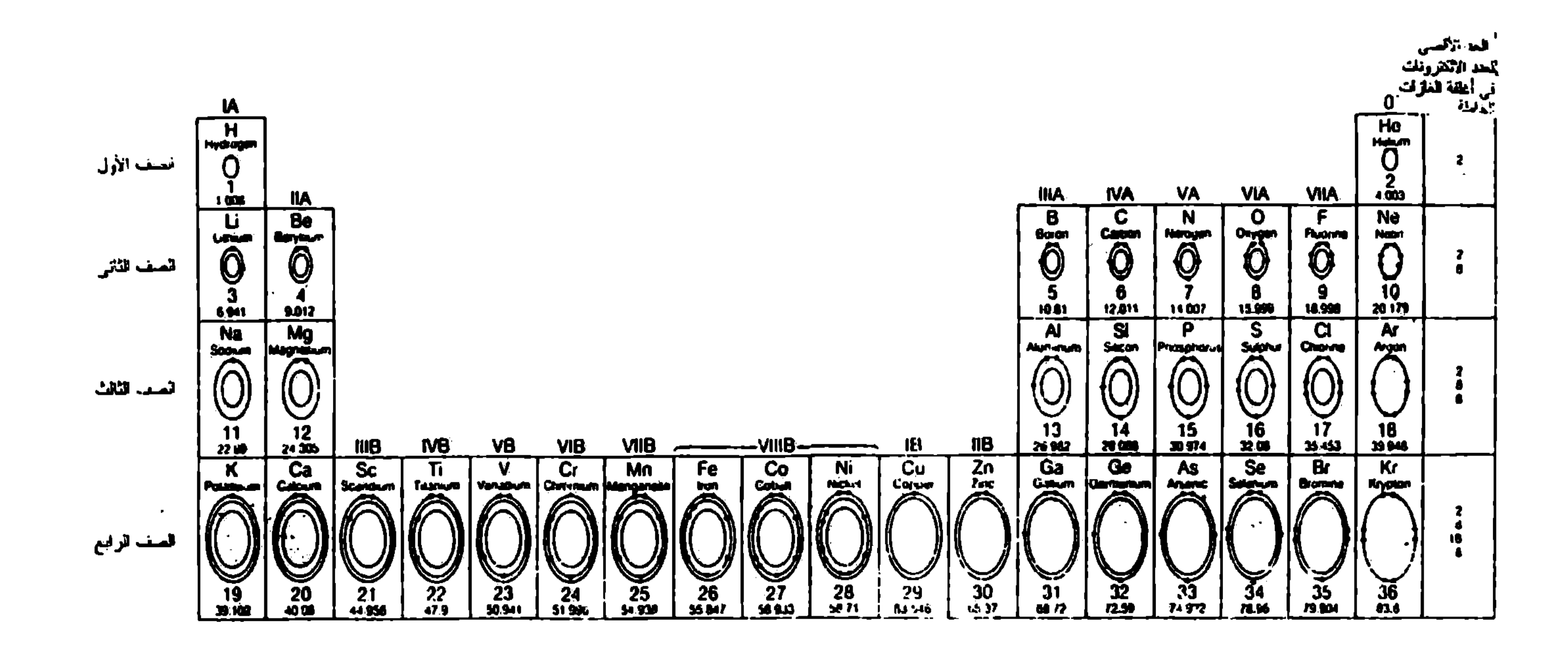


شكل (١) تركيب بعض الذرات البسيطة

وحدات البناء الأساسية للجزيئات. فإذا اكتسبت الذرة أو فقدت إلكتروناً، فسوف تكون لها محصلة شحنة سالبة أو موجبة، وغالباً ما تسمى أيون ion .

ويوضح الشكل (١) تركيب بعض العناصر البسيطة، ويوضح الشكل (٢) جانباً من الجدول الدورى للعناصر periodic table ، الذى يجمل تركيب العناصر المختلفة وعدداً من خصائصها. وقد استنبط الكيميائى الروسى ديمترى مندليف Mendeleyev الجدول الدورى للعناصر لأول مرة فى عام ١٨٨٦، وكان موفداً فى ذلك الحين فى بعثة دراسية لكل من فرنسا وألمانيا. ولقد حاول مندليف أن يصنف العناصر الكيميائية تبعًا لأوزان ذراتها (ولم تكن الأعداد الذرية معروفة فى ذلك الحين) . وفى مؤتمر عقد بكارلسروهى Karlsruhe عام ١٨٦٠، تم التوصل لحل العديد من المسائل المعلقة الخاصة بالأوزان الذرية atomic weights ، مما زود مندليف بالمعلومات التى استخدمها لإجراء تصنيفه. وتتفق العناصر الكيميائية التى تم ترتيبها وفقاً لأعدادها الذرية المتصاعدة، فى بعض الخصائص فى الأعمدة الرأسية للجدول (المجموعات)، وفى بعض الخصائص الأخرى بدرجة أقل فى الصفوف الأفقية للجدول (الدورات)، فعلى سبيل المثال، تتشابه خصائص المغنيسيوم magnesium تماماً مع خصائص كل من البريليوم beryllium الموجود أعلاه فى المجموعة، ومع خصائص الكالسيوم calcium الموجود أسفله فى المجموعة، ضمن فئة المعادن المعروفة باسم معادن الأتربة القلوية alkaline earth metals . ومن جهة أخرى، يشترك المغنيسيوم فى بعض الخصائص مع الصوديوم sodium والألومينيوم aluminium الموجودين على يمينه ويساره فى الصف الأفقى (الدورة) .

وكشفت المعارف الحديثة عن أن ترتيب العناصر فى الجدول الدورى إنما يعتمد على ترتيب الإلكترونات حول نواة الذرة، أو بمعنى آخر، على الطريقة التى يتكون بها العدد الذرى. وتشغل الإلكترونات ما يسمى بالأغلفة shells، ولكل غلاف عدد محدد من الإلكترونات يمكن أن يحتويه قبل أن يصبح ممتلئاً. ويعتبر عدد الإلكترونات الموجودة خارج الأغلفة المملوءة مسئولاً فى المقام الأول عن الخصائص الكيميائية للعنصر المعنىّ، بما فى ذلك أنواع الجزيئات التى سيكونها.



شكل (٢) جزء من الجدول الدورى للعناصر يظهر النمو التصاعدى للذرات من خلال ملء الأغلفة بالإلكترونات (التى تظهر فى صورة نقاط على الدوائر). يتشبع غلاف الصف الأول بإلكترونين، ويتشبع غلاف الصف الثانى بثمانية إلكترونات، ويتشبع غلاف الصف الثالث أيضاً بثمانية إلكترونات. ويضيف الصف الرابع ثمانية عشر إلكتروناً فى مجموعتين فرعيتين تقبلان حتى ١٠ و ٨ إلكترونات على التوالى. والأوزان الذرية للعناصر هى الأرقام الصغيرة التى تظهر أسفل الأعداد الذرية. وجميعها مبنية على عدد محدد تماماً، هو ١٢ قياساً بالوزن الذرى لنظير الكربون ١٢.

تكوين الجزيئات

تميل الذرات في الغالب إلى الاتحاد مع ذرات أخرى. وعلى الرغم من أن الذرة متعادلة كهربياً، إلا أن لديها ميلاً قوياً للاتحاد، بحيث تستطيع إلكتروناتها أن تكون تجمعات مستقرة. فالحالة التي يدور فيها إلكترونان حول النواة، تعتبر حالة مستقرة إلى حد ما عن حالة إلكترون واحد يدور حول نواة. وعلى ذلك، فالهيدروجين ذو الإلكترون الوحيد السالب، الذي يدور حول الشحنة النووية لوحدة موجبة واحدة،لا يكون مستقراً في صورة ذرة مفردة. ولكن باتحاد ذرتي هيدروجين يتكون جزيء هيدروجيني أكثر ثباتاً، يدور فيه الإلكترونان حول كلتا النواتين معاً.

ويمكن التعرف على ترتيبات الإلكترونات التي تتمتع بدرجة كبيرة من الاستقرار، بمجرد النظر إلى مجموعة معينة من العناصر في الجدول الدوري، وهي الغازات النادرة أو الخاملة: الهليوم helium، والنيون neon والأرجون argon، والكريبتو krypton، والزينون xe-non والرادون radon. وعادة،لا تتحد ذرات هذه الغازات مع ذرات أخرى، وهذا يعني أن ترتيب الإلكترونات في أغلفتها لا بد أنه يتسم باستقرار خاص. وتنم الترتيبات الإلكترونية في هذه الغازات النادرة عن أن أعداد التشبع بالنسبة للأغلفة تباعا هي: ٢ و٨و٨و١٨و١٨ و٣٢. ولقد صار المغزى الدقيق لهذه المجموعات الثابتة مفهوماً حالياً، وذلك بفضل ميكانيكا الكم(١) quantum mechanics، التي تتيح التنبؤ بعدد الإلكترونات التي من شأنها إضفاء استقرار خاص على أغلفة معينة.

وتوجد في عناصر أخرى غير الغازات النادرة، ترتيبات إلكترونية مشابهة في الأغلفة، باستثناء أن الغلاف الأخير غير مكتمل، ولا يمكن أن يحقق استقراراً خاصاً إلا عن طريق اكتساب أو فقدان بعض الإلكترونات (التي تجعل الذرة إما سالبة أو موجبة الشحنة)، أو بواسطة المشاركة بالإلكترونات (كما في حالة جزيء الهيدروجين). وتؤدي قابلية الإلكترونات للاتحاد من أجل اكتساب ترتيبات إلكترونية مستقرة، إلى تكوين الجزيئات (٢). molecules. ويوجد بين العناصر الكيميائية المختلفة الملايين من الاتحادات. ومن الأمثلة البسيطة للجزيئات: جزيء الماء(H_2O)، وجزيء الأمونيا (NH_3) وجزيء الكحول (C_3H_5OH). وتوضح هذه الصيغ أي ذرات من نوعية بعينها، موجودة في جزيئات مادة نقية ما، وكم عدد الذرات الموجودة من كل نوع.

---

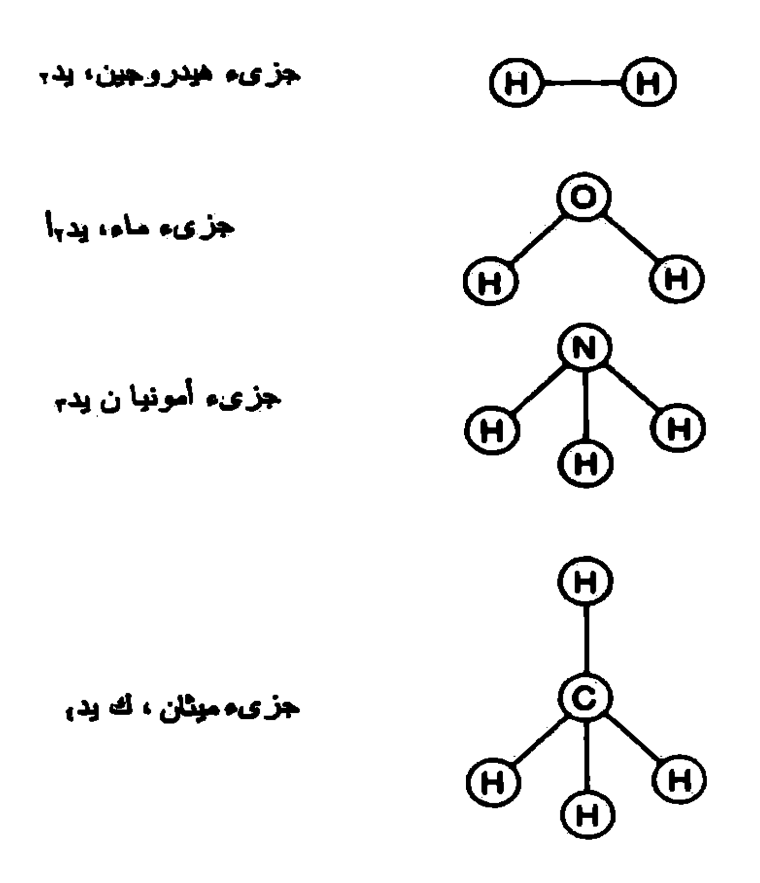
(١) ميكانيكا الكم: النظريات التي تصف نظم الجسيمات الخاضعة للتكمية، هذا وإن كانت كل النظم تخضع للتكمية، إلا أن أثر هذه التكمية لا يكون محسوساً إلا في الأنظمة الميكروسكوبية (المجهرية).

(٢) الجزيئات: جمع جزيء، نظام من ذرتين أو أكثر في اتحاد كيميائي، وهو يمثل أصغر وحدة في المركب الكيميائي.

والجزيئات كما ذكرنا فى البداية، هى الوحدات البنائية لكل المواد التى نراها ونتعامل معها فى حياتنا اليومية.

النماذج الجزيئية

الجزىء هو وحدة البناء، التى تساعد على تفسير سلسلة كبيرة من الظواهر الموجودة فى الطب، والبيولوجيا، والكيمياء. وتعد النماذج models هى أبسط وأسهل الطرق لتمثيل الفكرة الجزيئية. ويمكن اعتبار الذرات كرات ترتهن أحجامها، حسبما عرف من التجارب، بعدد الإلكترونات المدارية (المساوية للشحنة النووية الموجبة) المحتوية عليها، وعلى التركيب الغلافى لهذه الإلكترونات. وتمثل الذرات بالفعل ، بصورة تقليدية، على هيئة كرات ملونة ذات أحجام نسبية مناسبة. وتعتبر كل كرة تمثيلاً مكبراً لذرة بنسبة تناهز مائة مليون مرة تقريباً (ويوضح شكل ٣ بعض الأمثلة البسيطة).



شكل (٣) نماذج جزيئية

وقد توضح النماذج أيضاً، كيف تتحد الذرات لتكوين أزواج الإلكترونات المستقرة فى الغازات النادرة. وعلى سبيل المثال، يحتاج الهيدروجين إلى إلكترون آخر، بينما يحتاج الكربون إلى أربعة إلكترونات أخرى للوصول إلى مجموعة مستقرة. ومن الجدير بالذكر هنا، أن العناصر الكيميائية فى العمود الرأسى بالجدول الدورى لها ترتيبات إلكترونية متشابهة (خصوصاً بالنسبة لعدد الإلكترونات المطلوبة لملء أغلفتها الخارجية)، مما يفسر سبب تشابه خصائصها الكيميائية.

وعندما تكون الإلكترونات موضع مشاركة بين الذرات، يصف الكيميائيون ذلك بوجود روابط bonds بينها. وتعتبر هذه الروابط التساهمية electron-shared bonds (اتحاد ذرتين بإسهام كل منهما بإلكترون يشكل الرابطة) روابط قوية. وفى درجات الحرارة العادية، تتسم الجزيئات المرتبطة بهذا الترابط بين ذراتها بأنها جزيئات مستقرة. وعلى ذلك، فرغم أن تسخين الماء قد يؤدى إلى انفصال الجزيئات عن القوى الضعيفة التى تضمها معاً فى صورة سائل، فإن جزيئات الماء الفردية(H_2O) لا تنحل إلى هيدروجين وأكسجين، إلا إذا استخدمنا كماً كبيراً جداً من الطاقة.

جزيئات بين النجوم

تكونت بعض الجزيئات خلال السنوات الأولى للكون من ذرات اتحدت مع بعضها فنشأت نظم من الإلكترونات التساهمية، وأخذت تكتسب مزيداً من الاستقرار مع انخفاض درجة الحرارة. وعندما تمددت كرة اللهب وبردت، تسببت الجاذبية فى تجمع بعض من المادة الذرية والجزيئية، وتكونت مجموعات من المجرات، ومجرات فردية. وفى داخل كل مجرة، تكاثفت سحب الجسيمات الذرية والجزيئية مكونة دقائق من الغبار، أدت إلى مزيد من التجمع، إلى أن تكونت فى وقت لاحق النجوم، مثل شمسنا. وفى الجوف الملتهب للنجوم، تسببت التفاعلات النووية فى نشأة تلك المائة أو نحو ذلك من أنواع الذرات المختلفة (أى العناصر الكيميائية)، والتى من شأنها كما رأينا أن تتحد لتعطى ملايين من الأنواع المختلفة من الجزيئات.

ونحن نعلم بوجود جزيئات فى الفضاء بين النجوم interstellar space، لأننا نستطيع رصدها بواسطة الفلك الإشعاعى[٣] radio astronomy. فمنذ أن اكتشف فى عام ١٩٦٤، نوع

---

(٣) الفلك الإشعاعى (الفلك الراديوى): استخدام موجات الراديو فى استكشاف الأجرام السماوية، ويستخدم لذلك عدة أنواع مختلفة من الهوائيات، تتراوح ما بين الأطباق بمفردها إلى شبكة كاملة من أجهزة التليسكوب.

الجزيء البسيط OH، ازدادت القائمة بسرعة حتى صارت تضم ما يربو على خمسين نوعاً من الجزيئات، تتراوح ما بين جزيئات مكونة من ذرتين، مثل أول أكسيد الكربون، إلى جزيئات مكونة من عشر أو أكثر من الذرات المرتبطة مع بعضها فى سلسلة.

ويكتشف علماء الفلك الإشعاعى الجزيئات عن طريق التقاط الطاقة التى تبثها عندما تنخفض طاقتها الدورانية(٤) rotational energy . وفى غير ذلك، فإن الضوء القادم من نجم ما قد تمتصه سحابة جزيئات عارضة، ويرصد هذا الامتصاص للطاقة بعد ذلك بواسطة تليسكوب لاسلكى radio telescope(٥) . والمشاكل التى تواجه الكيميائى هى فى المقام الأول مشاكل رصدية observational أى تحديد نوع الجزيئات الموجودة ـ وبعد ذلك تصبح المشاكل أكثر تجريداً ـ وتتمثل فى تحليل التفاعلات التى من شأنها أن تفسر تركيزات الجزيئات المرصودة.

ويعد الهيدروجين من أكثر العناصر شيوعاً فى الفضاء بين النجوم. ورغم أن الكثافة فى هذا الفضاء ضئيلة للغاية، فإنه توجد أعداد ضخمة من الجزيئات بسبب ضخامة الفضاء. وفى عام ١٩٧٤، قدر ما يوجد بالسحابة المحيطة ببرج القوس Sagittarius من جزيئات الكحول ما يكفى لملء مائة مليون بليون زجاجة ويسكى!

والسمة المثيرة للدهشة فى الوقت الحالى للجزيئات الموجودة فى الفضاء بين النجوم، هى أنها تحتوى على بعض وحدات البناء الأساسية للحياة، فضلاً عن جزيئات متفاعلة كبيرة، يستطيع الكيميائى أن يخلق منها تركيبات جزيئية معقدة تماماً، تشبه فى تعقيدها تلك الموجودة فى أبسط أشكال الحياة.

والحياة، فى مستوى التعريف الأساسى، إنما تتكون من جزيئات يمكنها التكاثر ذاتيًا بطريقة ما. فالفيروسات Viruses ، حتى وإن لم تكن حية، تتناسخ عن طريق شل الآلية التخليقية للخلايا التى تصيبها بواسطة إدخال جزيئات من نفس نوعها. ولدى معظم العلماء اقتناع كامل بأن الحياة بدأت فوق سطح الأرض فى تاريخها المبكر؛ غير أن احتمالية أن تكون هذه الخطوة المهمة قد بدأت خارج الأرض، وأن الحياة جاءت إلى الأرض ، ربما فوق

---

(٤) طاقة دورانية: طاقة جسم صلب، ناتجة عن دورانه حول محور.

(٥) تليسكوب لاسلكى: آلة لاستقبال الموجات اللاسلكية (الراديوية)، الواردة من الفضاء الخارجى.

سطح مذنب، تجد من يناصرها من بعض العلماء البارزين، ومن بينهم الفلكي البريطاني فريد هويل[٦] Fred Hoyle .

ولقد قامت الحياة على سطح الأرض، إما لأنها جاءت من الخارج، أو، وهو الأرجح كما سنرى فيما بعد،لأن تناسخ الجزيئات أو تناسلها، قد نشأ على سطح الأرض الوليدة فيما اصطلح على تسميته بالحساء البدائي primordial soup. وأدت هذه العملية، من خلال الانتخاب الطبيعي natural selection على المستوى الجزيئي ، إلى وجود صور الحياة التي نعرفها على سطح الأرض. فكل شيء إذن تكّون من الجزيئات.

---

(٦) السير فريد هويل (١٩١٥–): فلكي بريطاني، ومتخصص بالرياضيات، و فيزيائي فلكي، وكاتب خيال علمي. ولد في بدجلي بمقاطعة يوركشاير، واشتهر بأبحاثه عن نشأة العناصر الكيميائية، ويعد من مناصري فكرة حالة ثبات الكون، ولفكرة أن الفيروسات تأتي من الفضاء الخارجي، وممن يعتقدون بأن الحياة على سطح الأرض جاءت إليها من مصدر خارجي. .

طبيعة الكيمياء

بما أن الكيمياء هى علم الجزيئات، فلم يكن من المستطاع إحراز تقدم كبير، إلا عندما أصبح من الممكن إحصاء ووزن كل من الذرة والجزىء. وعندما نزن شيئا ما، فدائمًا ما نقارن هذا الوزن بشىء قياسى. وعندما نتحدث عن وزننا، نقول إننا نزن كذا رطلاً أو كذا كيلوجرامًا، أى ننسب وزن جسمنا إلى مقياس محدد هو الرطل أو الكيلوجرام. وعلى المستوى الذرى، فلو أمكننا قياس وزن ذرة، فسيكون المقياس المعيارى الملائم هو وزن نواة ذرة الهيدروجين. فالهيدروجين من دون العناصر الكيميائية جميعها، له أبسط الذرات وأخفها.

النوى الذرية

ونواة ذرة الهيدروجين بشحنتها الموجبة الوحيدة، تسمى بروتون proton، ويدور حولها إلكترون electron وحيد، يقل عنها كثيراً فى الوزن، ويحمل شحنة سالبة. ويمكننا فهم استقرار هذا النظام عن طريق نموذج model قام بتصميمه العالمان إرنست روثرفورد[1] Ernest Ruther Ford ونيلز بور[2] Nils Bohr، وفيه يدور الإلكترون حول البروتون كدوران القمر حول الأرض. وينشأ الاستقرار من توازن قوة الجذب بين الشحنتين الموجبة (النووية) والسالبة (الإلكترونية)، مع تأثير الطرد المركزى للكتلة الدوارة (الإلكترون) - ذلك الطرد المركزى المماثل لما يشعر به المرء عندما يلفف ثقلاً مربوطاً بخيط من فوق رأسه. وإذا كانت القوة الجاذبة للقمر نحو الأرض، هى بطبيعة الحال قوة جاذبية وليست قوة كهربية، فإن طبيعة قوة الطرد المركزى واحدة.

---

(١) إرنست روثرفورد (١٨٧١ – ١٩٣٧): فيزيائى بريطانى، منح جائزة نوبل فى الكيمياء لعام ١٩٠٨.

(٢) نيلز بور (١٨٨٥ -١٩٦٢): فيزيائى دانمركى، درس تركيب الذرة.

ويزيد كثيراً وزن البروتون عن الإلكترون (بنسبة تصل إلى نحو ٢٠٠٠ مرة)؛ لدرجة أننا لو اعتبرنا كتلة البروتون هى وحدة الكتلة ، لظلت كتلة ذرة الهيدروجين (البروتون والإلكترون معاً) تساوى تقريباً وحدة كتلة واحدة .

والجسيم الآخر الموجود فى نوى الذرات هو النترون neutron ، وله نفس كتلة البروتون لكنه لايحمل شحنة كهربية (متعادل كهربياً) . والشحنة الموجودة على نواة الذرة (والتى تساوى عدد إلكتروناتها الدوارة) هى التى تحدد نوع العنصر الكيميائى ، الذى تعتبر الذرة وحدته الأساسية. وعلى ذلك، فإذا أضفنا نتروناً إلى نواة الهيدروجين (أى البروتون) ، فسنحصل على ذرة تزن وحدتين، لكن لها شحنة موجبة واحدة؛ مع استمرار كونها ذرة هيدروجين. وتسمى ذرات العنصر الكيميائى الواحد التى تتباين فى أوزانها الذرية، بالنظائر isotopes . وتسمى النظائر أحياناً بأسماء كيميائية معينة، فالنظير الثقيل من الهيدروجين، الذى يضاف فيه نترون إلى البروتون، يعرف بالهيدروجين الثقيل أو دوتريوم deuterium . وفى الماء الثقيل، يستعاض عن ذرتى الهيدروجين العاديتين فى جزىء الماء العادى (H_2O) بذرتى هيدروجين ثقيل؛ وتكتب صيغة الماء الثقيل إما على صورة (D_2O) أو بصورة أكثر اصطلاحاً (^2H_2O) ، حيث يوضح الأس المرفوع الكتلة التقريبية للنواة. وتشبه الخصائص الذرية للماء الثقيل خصائص الماء العادى، غير أنه توجد اختلافات جوهرية بينهما فى الخصائص الفيزيائية.

وتتسم ذرات عناصر كثيرة فى الجدول الدورى بأن لها عدداً من النظائر المختلفة. وأحياناً ما تكون نواها غير مستقرة، وتتحلل إلى أنواع أخرى من النوى عن طريق إشعاع جسيمات وطاقة. وتسمى النظائر من ذلك النوع بالنظائر المشعة radioactive ، ومن أمثلتها ذرة اليورانيوم، التى يوجد بها اثنان وتسعون بروتوناً، وما يزيد على مائة نترون. وإذا كان اليورانيوم ٢٣٨ ، الذى له كتلة ٢٣٨ (اثنان وتسعون بروتوناً ومائة وستة وأربعون نتروناً) هو نظيراً مستقراً بدرجة ما، فإن له نظيراً آخر مشعاً، هو اليورانيوم ٢٣٥ ، له كتلة ٢٣٥ (أقل من النظير السابق بثلاثة نترونات) . واليورانيوم الموجود فى الطبيعة هو خليط من النظيرين، بحيث إنه لكى تستخدم الصورة المشعة ^{235}U سواء فى توليد الطاقة، أو فى تصنيع الأسلحة الذرية، يجب أولاً فصل النظيرين. وتعتبر عملية فصل النظائر من المشاكل التى أرهقت وما تزال ترهق عقول كثير من الكيميائيين.

الأوزان الذرية والجزيئية

وتحتوى ذرة الأكسجين على ثمانية بروتونات وثمانية نترونات ، ومن ثم فإن وزنها التقريبى هو ١٦ ، بما أن كتلة كل بروتون وكل نترون تساوى وحدة كتلة واحدة تقريبًا. وإذا اتحدت ذرتا هيدروجين مع ذرة أكسجين ليتكون جزىء ماء واحد (H_2O)، فسوف يزن جزىء الماء ١٨ وحدة تقريبًا (على فرض أن الكتلة لا تستحدث ولا تفنى) . وبالمثل، فإن اتحاد ٢٠ ذرة هيدروجين(تزن فى مجموعها ٢٠ وحدة) مع ١٠ ذرات أكسجين (تزن فى مجموعها ١٦٠ وحدة) سوف يسفر عن ١٠ جزيئات ماء (تزن فى مجموعها ١٨٠ وحدة) . ويمكننا أن نوسع نطاق هذا التفاعل إلى حد أن تتحد ملايين الذرات، كما هو الحال فى أى تجربة حقيقية. وسوف تظل نسب الوزن واحدة دائماً :٢ طن من ذرات الهيدروجين تتحد مع ١٦ طناً من ذرات الأكسجين لتعطى ١٨ طن ماء.

وعادة ما يستخدم الكيميائيون الجرام كوحدة وزن قياسية مناسبة. وصحيح أن الوزن الذرى لعنصر ما، معبراً عنه بالجرامات، سيحتوى على عدد ضخم من الذرات، لكنه سيكون نفس عدد الذرات لأى عنصر آخر: فالجرام الواحد من الهيدروجين، على سبيل المثال، يحتوى على نفس عدد الذرات الموجود فى ١٦ جراماً من الأكسجين، لأن كل ذرة أكسجين واحدة تزن ١٦ مرة مثل وزن ذرة الهيدروجين. ويعرف هذا العدد من الذرات فى الوزن الذرى لعنصر ما ، معبراً عنه بالجرامات، بعدد أفوجادرو[٣] Avogadro's number، نسبة للكيميائى الإيطالى الذى يحمل هذا الاسم، وهذا العدد يساوى تقريبًا 6×10^{23} ذرة، وهو يعطى فكرة عن مدى ضآلة الذرة وخفة وزنها.

والوزن الجزيئى molecular weight لمادة يساوى مجموع أوزان الذرات التى يحتوى عليها الجزىء - وفى حالة الماء، يكون الوزن الجزيئى ١٨ . وعلى ذلك، سيكون هناك عدد أفوجادرو من جزيئات الماء فى ١٨ جرامًا من الماء. ويصف الكيميائيون الوزن الجزيئى لمادة ما معبراً عنه بالجرامات بمول mole هذه المادة. وتعتبر المولات كميات مناسبة للعمل بها فى التجارب؛ وعلاوة على ذلك، تعكس الأوزان الأعداد الحقيقية للذرات الفردية أو الجزيئات، ويمكننا بناء على ذلك تفسير ما يجرى على المستوى الذرى أو الجزيئى. فمن السهل وزن ١٨ جراماً من الماء،وسوف تحتوى هذه الكمية على نفس عدد الجزيئات الموجود فى ستة عشر جراماً من الأكسجين (O_2) .

---

(٣) أميديو أفوجادرو(١٧٧٦-١٨٥٦) : فيزيائى وكيميائى إيطالى.

ولقد جرى قياس أوزان الذرات والجزيئات الفردية لأول مرة فى بداية القرن التاسع عشر بواسطة الكيميائى جون دالتون[٤] John Dalton، وهو ابن نساج من كمبرى فى انجلترا. وقد شرح نظريته الذرية فى محاضرة ألقاها فى المعهد الملكى عام ١٨٠٣. وكانت النقاط الرئيسية فى نظريته أن المادة تتكون من ذرات لا يمكن أن تستحدث أو تفنى (لم يكن تحول المادة إلى طاقة معروفًا فى ذلك الوقت)؛ وأن كل ذرات العنصر الواحد متماثلة (ولم تكن النظائر معروفة أيضاً فى ذلك الوقت)، غير أن العناصر المختلفة لها ذرات مختلفة؛ وتحدث التفاعلات الكيميائية عن طريق إعادة ترتيب الذرات؛ وتتكون المركبات أو الجزيئات نتيجة لهذه الترتيبات المعدلة. وعلى الرغم من أن دالتون استنبط طرقاً لمقارنة أوزان الذرات، إلا أن الأجهزة التى استخدمها فى إجراء التجارب لم تكن أجهزة دقيقة. ويستخدم حالياً مطياف الكتلة [٥]: mass spectrometer لقياس الأوزان الذرية والجزيئية.

وفى مطياف الكتلة (شكل ٤أ)، تستثار الذرات أو الجزيئات الفردية لكى تفقد إلكتروناً عن طريق قذفها بوابل من الإلكترونات. ويؤدى هذا القذف إلى أن ينقص عدد الإلكترونات الموجودة فى الذرة أو الجزىء إلكتروناً واحداً عن عدد البروتونات، ومن ثم تتبقى شحنة موجبة خالصة. وتسمى الذرة أو الجزىء ذو الشحنة الكهربية الموجبة أو السالبة بالأيون ion. ويمكن جعل الأيونات تنحرف بواسطة مجال كهربى electric field، وهو الحيز الموجود بين لوحين معدنيين، يشحن أحدهما بشحنة موجبة والآخر بشحنة سالبة. ويشبه ذلك انحراف كرات الحديد إذا مرت فى مجال مغنطيسى ويوضحه شكل (٤ب). ويرتهن مقدار الانحراف بوزن الذرة أو الجزىء، وبالتالى يمكن تحديد وزن الذرة أو الجزىء عن طريق قياس مقدار الانحراف.

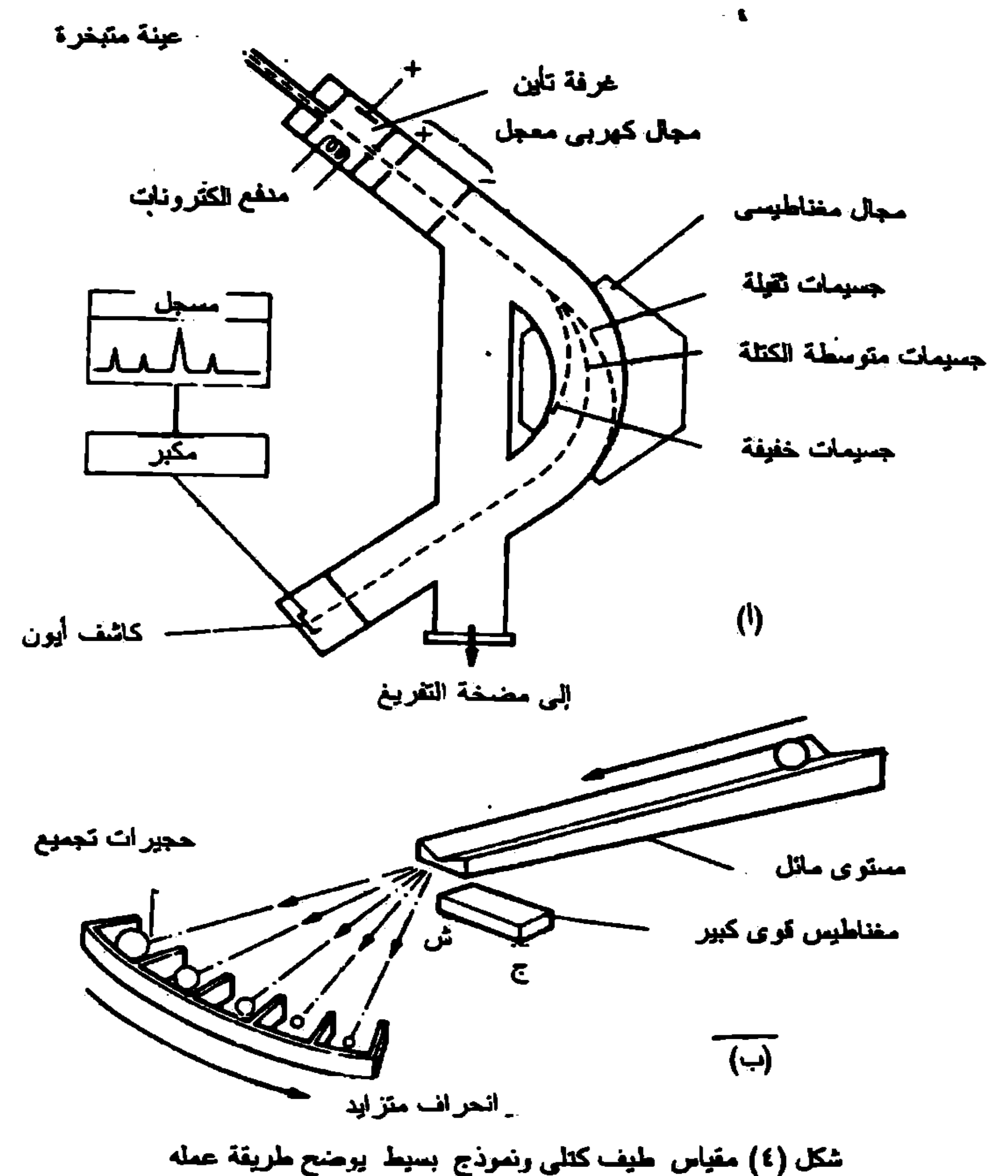
ولأسباب عملية بحتة، لن تكون كتلة البروتون هى الوحدة المعيارية الأساسية لمقياس الوزن الذرى (أو بصورة أدق، مقياس الكتلة النسبية للذرة أو الجزىء)، وإنما ستكون هذه الوحدة الأساسية هى كتلة ذرة الكربون التى لها ستة بروتونات وستة نترونات وتساوى ١٢. ومن ثم لن تزن ذرة الهيدروجين واحداً، وإنما ١,٠٠٨ من وحدة كتلة ذرية (و.ك.ذ)، وسيكون وزن ذرة الأكسجين ١٥,٩٩٩ (و.ك.ذ.). وقد نشأ هذا الاختلاف الطفيف للقيمة

---

(٤) جون دالتون (١٧٦٦-١٨٤٤): فيزيائى وكيميائى بريطانى، وضع أول نظرية ذرية عملية، وكان أول من وصف عمى الألوان. [المترجم].

(٥) مطياف الكتلة: جهاز يفصل الجسيمات المشحونة وفقاً لكتلتها، وذلك باستخدام مجالات كهربائية ومغناطيسية.

الدقيقة للكتل الذرية عن الأرقام الصحيحة من حقيقة أن الكتلة (ك) والطاقة (ط) يمكن أن تتحول إحداهما للأخرى طبقاً لمعادلة آينشتين ط=ك×ع٢ ، فالطاقة الهائلة التى تنطوى عليها تلك الفروق الصغيرة فى الوزن هى الطاقة المستخدمة فى المحافظة على وحدة النوى . ولا تظهر هذه الطاقة إلا عندما تتحطم النوى فى الانشطار النووى(٦) nuclear fission ، أو



شكل (٤) مقياس طيف كتلى ونموذج بسيط يوضح طريقة عمله

(٦) الانشطار النووى: انشطار نواة ثقيلة إلى نواتين أصغر، متساويتى الكتلة تقريباً، ويكون الانشطار مصحوباً بانبعاث النترونات وأشعة جاما، وفى حالات نادرة، شظايا نووية مشحونة. كما أنه فى الحالات النادرة قد يكون الانشطار إلى أكثر من نواتين.

عندما تتحد لتعطى نوى جديدة فى الاندماج النووى[٧] nuclear fusion. وتعد عمليتا الاندماج والانشطار الأساس لنوعين من طرق استخلاص الطاقة من الذرات.

المواد النقية

تحتوى المواد النقية على ذرات أو جزيئات من نوع واحد فقط . فالذهب النقى لا يحتوى إلا على ذرات الذهب، والماء النقى لا يحتوى إلا على جزيئات الماء ، بينما يحتوى ماء البحر على مواد مذابة مثل الملح. ومن الأدلة الجيدة على نقاء مادة ما أن تكون لها درجة انصهار أو تجمد أو غليان واضحة، محددة، ويمكن تكرارها . فالماء النقى يتجمد تحت ضغط يساوى ،واحد ضغط جوى، عند درجة حرارة مئوية تساوى صفراً، ويغلى عند مائة درجة مئوية، فى حين يتجمد الماء المالح عند درجة أقل من الصفر المئوى، ويغلى عند درجة أعلى من مائة درجة مئوية.

وعند دراسة الكيميائى لمادة ما، فهو يرغب عادة فى معرفة ما إذا كانت هذه المادة نقية أم لا، فإن لم تكن نقية، فسيعمل على تحليل الخليط إلى مكوناته الأصلية. ويمكن إجراء ذلك باستخدام الأساليب التى كانت معروفة لدى القدماء ـ على سبيل المثال، تقطير المحاليل للحصول على الماء النقى (عن طريق غليان المحلول وتكثيف البخار) ، أو تقطير مخاليط التخمير لاستخلاص الكحول. وتشتمل الحيل الشائعة الأخرى لفصل مكونات المواد، على مناخل ذات مسام بالحجم الجزيئى، فضلاً عن الأنواع العديدة الأخرى من الطرق المعروفة باسم الفصل الكروماتوجرافى chromatography . وفى طريقة الفصل الكروماتوجرافى، يقوم فصل الخليط على مبدأ تباين قابلية الجزيئات المختلفة على الالتصاق بسطح أو بنوع آخر من الجزيئات فى المحلول. ومثال بسيط على الفصل الكروماتوجرافى هو فصل خليط من الأصباغ فى حبر أزرق داكن، عن طريق جعل الحبر يتشرب فى قطعة من ورق النشاف الأبيض، حيث ترتفع المكونات المختلفة إلى ارتفاعات مختلفة فى النشاف وبذلك يتم فصلها. وبالمثل، يمكن فصل خليط من الغازات بتمريرها خلال سدادة من الفحم، حيث تتباين سرعة المكونات المختلفة لدى خروجها من السدادة. وبمجرد حصول الكيميائى على ما يعتقد أنه مادة نقية، تأتى مشكلته التالية المتمثلة فى تحديد طبيعة تلك المادة. وهذه هى مهمة الكيميائى التحليلى، الذى يحدد فى البداية طبيعة المكونات فى خليط ما، وبعد ذلك يحدد المقادير النسبية لكل منها.

---

(٧) الاندماج النووى: العملية التى تتم فيها تفاعلات نووية اندماجية.

الكيميائيون التحليليون

هناك ملايين من أنواع الجزيئات المختلفة؛ وهى تؤدى بشكل مطّرد إلى ظهور كثير من الأقسام الفرعية الدقيقة للمتخصصين فى الكيمياء. ومع أن الكيميائيين التحليليين ليسوا من الكيميائيين المتميزين، لكنهم على درجة كبيرة من الأهمية، فهم على الصعيد الكيفى، يجيبون على السؤال: ما الجزيئات الموجودة فى خليط ما؟ وعلى الصعيد الكمى، يجيبون على السؤال: ما الكمية الموجودة من كل جزىء فى الخليط؟

ويستخدم الكيميائيون التحليليون أساليب عديدة، ولكنهم فى الغالب يستغلون الخصائص الفيزيائية لجزيئات معروفة فى دراسة الخليط المجهولة صفاته. وتعد خاصية امتصاص الضوء من الخصائص التى يكثر استخدامها للتعرف على الجزيئات المختلفة فى الخليط. ويعد ذلك امتداداً للفكرة المعروفة والقائلة بأن المواد المختلفة قد تكون ذات ألوان مختلفة. فقد يتحول جزىء معقد إلى جزيئات أبسط، يستشف الكيميائى كمياتها من مقدار عنصر معين فى الجزىء الأصلى. وعلى سبيل المثال، فإحراق جزىء مركب يحتوى على هيدروجين قد يحول كل ذرات الهيدروجين إلى جزيئات ماء. ويوضح حينئذ قياس مقدار جزيئات الماء الناتجة عن الاحتراق، عدد ذرات الهيدروجين المفترض وجودها فى الجزىء الأصلى.

ولا يقتصر دور الكيميائيين التحليليين على مجرد تقديم خدمة للكيميائيين الآخرين، بل إنهم يعملون كذلك فى مجال الصناعة، حيث يقومون باختبار مدى نقاء المنتجات، فضلاً عن فحص نتائج الكيميائيين الصناعيين، الذين يسعون دائماً إلى تخليق جزيئات جديدة. بالإضافة إلى ما سبق، فإنهم يعتبرون المصدر الرئيسى للأدلة فى مجال الطب الشرعى: هل كان يوجد زرنيخ فى معدة المتوفى، أو ما كمية الكحول التى كانت موجودة فى بول السائق السكير؟ وتكمن المشاكل التى تواجه الكيميائيين التحليليين فى العمل باستمرار على استنباط الطرق التقنية الأحدث، والأكثر دقة، للكشف عن أقل قدر ممكن من المواد ومكوناتها.

الكيميائيون التخليقيون

يتمثل عمل الكيميائيين التخليقيين على نحو ما ينم عنه الاسم ذاته، فى تخليق الجزيئات الجديدة. وهم ينقسمون إلى فئتين عريضتين : كيميائيين عضويين، وكيميائيين غيرعضويين.

وكانت المواد العضوية تعرف في بادئ الأمر بأنها تلك المواد الموجودة في الكائنات الحية؛ ولايمكن للإنسان أن يخلقها أو يستنسخها. وحدث فتح علمي جديد مهم في عام ١٨٢٨، عندما نجح فوهلر[٨] Wohler في تخليق أول مادة عضوية، وهي اليوريا urea مما أدى إلى صياغة التعريف الحديث للمادة العضوية، على أنها المادة المحتوية على ذرة أو أكثر من عنصر الكربون . والعلاقة وثيقة بين هذا التعريف الجديد والتعريف القديم . فمن شأن ذرات الكربون أن تتحد على هيئة أشكال لا حصر لها من السلاسل والحلقات مكونة مجموعات مدهشة من الجزيئات (حيث تم حتى الآن التعرف على أكثر من عشرة ملايين سلسلة، وتحديد خصائصها)، وقد استخدمت الطبيعة هذه المواد في توفير كل الوحدات البنائية للكائنات الحية وأجهزتها. ويمكن عادة أن تحترق الجزيئات العضوية المفردة، ولذلك فهي لا تتسم بالاستقرار في درجات الحرارة العالية. ويقوم الكيميائيون العضويون باستخراج الجزيئات الموجودة في الطبيعة ودراستها ، والاستفادة بنتائج تلك الدراسة في تخليق صور جديدة لها. وقد تكون الجزيئات العضوية التخليقية ذات فائدة بسبب ما تلقيه من ضوء على القواعد التي تحكم التفاعلات، واستقرار الجزيئات، أو بسبب ما يمكن أن توفره من تطبيقات مفيدة في صورة عقاقير، أو أصباغ، أو مبيدات للآفات.

وتختص الكيمياء غير العضوية بكل الجزيئات المكونة من العناصر الكيميائية المائة المعروفة أو نحو ذلك بخلاف الكربون. ويولي المتخصصون في المعتاد قدراً كبيراً من الاهتمام بخصائص الجزيئات غير العضوية في الحالة الصلبة. فالكيميائي التخليقي غير العضوي يسعى دائمًا إلى تخليق مواد جديدة ذات خصائص كهربية تفيد في تصنيع الأجهزة الكهربية، في صورة موصلات مقاومات وعناصر ذاكرة. وتجد هذه المواد مجالاً تطبيقياً واسعاً في أجهزة الكمبيوتر وربما في نظم مستقبلية مصممة لتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى طاقة - عن طريق،على سبيل المثال، تحليل الماء إلى هيدروجين وأكسجين. ويرى كثير من الخبراء أن الهيدروجين قد يكون هو وقود المستقبل؛حيث قد يصبح بالإمكان الحصول على الحرارة بواسطة العملية العكسية لحرق الهيدروجين مع الأكسجين.

وهناك بعض الحالات الحدودية عندما يتعلق الأمر بما إذا كانت المادة تنتمي إلى الكيمياء العضوية، أو إلى الكيمياء غير العضوية، وخصوصاً، المواد العضوية الفلزية

---

(٨) فريدريش فوهلر (١٨٠٠-١٨٨٢): كيميائي ألماني، ولد في فرانكفورت. قام بعزل الألومينيوم (١٨٢٧)، والبريليوم (١٨١٨). وكان نجاحه في تخليق اليوريا من سيانات الأمونيوم في عام ١٨٢٨، نقطة تحول للكيمياء العضوية.

[المترجم]

organometallics، حيث تحتوى هذه المواد على مجموعات ذرية عضوية ، وخاصة مجموعات من الكربون والهيدروجين، وكذلك على ذرات معدنية، وهى تنتمى لمجال الكيمياء غير العضوية. وللمواد العضوية الفلزية أهمية تجارية كبيرة حيث تستخدم فى تصنيع اللدائن plastics، وهى ذات أهمية نظرية كذلك، حيث إنها تشبه جزيئات الإنزيم enzyme، التى تساعد على التفاعلات الكيميائية فى الأجهزة الحية.

الكيميائيون الطبيعيون

تعتمد القواعد التى تحكم استقرار وتفاعلات الجزيئات أولاً وأخيراً على القوانين الأساسية للطبيعة، أى على الفيزياء. ويحاول الكيميائى الطبيعى تحديد هذه القواعد وبلوغ غايته بكل ما وصل إليه من تفسيرات وتنبؤات. ولقد أتاحت تطبيقات نظرية الكم[٩] quan- tum theory (التى توفر المعادلات الرياضية التى تتيح حساب طاقة أى جزىء) فى مجال تركيب المادة - لا سيما تلك التطبيقات التى أجراها فى الثلاثينيات من القرن العشرين بعض العلماء، من أمثال: شرودنجر[١٠] Schrodinger وهيزنبرج[١١] Heisenberg وباولى[١٢] Pauli وديراك[١٣]، Dirac ، أتاحت التوصل بنجاح ملحوظ إلى التنبؤ بالتركيب الجزيئى، أو بطريقة ترتيب الذرات فى الفراغ داخل جزىء مستقر. ومن الممكن،على سبيل المثال، استخدام العلاقات النظرية فى حساب الزاوية بين روابط O-H فى الماء، ويتفق هذا الحساب بدرجة وثيقة مع النتيجة التجريبية (نحو١٠٤°). غير أن التنبؤ بسرعة التفاعلات الكيميائية لم يحظ بمثل هذه الدرجة من النجاح.

---

(٩) نظرية الكم: نظرية تفترض أن انتقال الطاقة بين الإشعاع والمادة، يتم فى كمات منفصلة، تتوقف قيمتها على تردد الإشعاع.

(١٠) أروين شرودنجر (١٨٨٧-١٩٦١): فيزيائى نمساوى، ولد فى فيينا، بدأ دراسة ميكانيكا الموجة كجزء من نظرية الكم مع نظريته الموجية الشهيرة التى شارك بها زميله ديراك فى نيل جائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩٣٣.

(١١) فيرنر هيزنبرج (١٩٠١-١٩٧٦): فيزيائى نظرى ألمانى، ساعد على تطوير ميكانيكا الكم وصاغ مبدأ عدم اليقين الشهير فى الفيزياء الذرية. فاز بجائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩٣٢. [المترجم].

(١٢) ولفجانج باولى (١٩٠٠-١٩٥٨): فيزيائى نظرى سويسرى، ولد فى فيينا بالنمسا. فى عام ١٩٢٥، صاغ مبدأ عدم الاستبعاد فى الفيزياء الذرية. وفاز بجائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩٤٥. [المترجم].

(١٣) بول ديراك (١٩٠٢-١٩٨٤): فيزيائى بريطانى ولد فى بريستول، وكان بحثه الأساسى فى ميكانيكا الكم، التى طبق عليها نظرية النسبية وطور نظرية الإلكترون الدوار. وحصل على جائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩٣٣. [المترجم].

ويقضى الكيميائيون الطبيعيون وقتاً كبيراً فى استنباط التجارب التى يستطيعون من خلالها دراسة التفاعلات البسيطة جداً والعمليات الأساسية؛ لكى يقدموا للكيميائى النظرى بيانات واقعية يمكن بواسطتها التحقق من نظرية ما أو للتنبؤ بشىء ما. وكان اكتشاف الليزر[١٤]laser دافعاً قوياً للكيميائيين الطبيعيين ، فمن خلال هذه الوسيلة أصبح من الممكن وضع مقادير محددة بدقة من الطاقة فى جزىء، ثم دراسة التأثيرات، وما قد ينجم عنها من نتائج.

---

(١٤) ل . ز: مصطلح يتكون من الحروف الأولى للجملة الإنجليزية، التى تعنى تضخيم الضوء بالانبعاث المستثار. والجهاز المنتج لهذا الضوء يحول قدرة الدخل إلى ضوء شديد، رفيع الشعاع، مترابط فى نطاق الضوء المرئى، أو تحت الأحمر. ويستخدم المصطلح لتسمية الضوء الناتج أو لتسمية الجهاز المنتج لهذا الضوء. [المترجم]

الغلاف الجوى للأرض ـ الغازات

معظم المواد التى يقابلها المرء فى حياته اليومية هى مواد معقدة تماماً، إذ تشتمل على عدة آلاف من الذرات. ولهذا السبب لم يستطع الكيميائيون القدامى، وحتى العلماء الأوائل إحراز تقدم كبير فى الكيمياء . والاستثناء الوحيد الواضح من هذا التعقيد هو الهواء الموجود حولنا، وفى الواقع، الغازات بشكل عام. وترجع قلة فهم الكيميائيين القدامى للهواء، إلى افتقارهم إلى طريقة فصل أو تجميع عناصره الغازية.

الغازات فى الغلاف الجوى

يتكون الهواء الذى نستنشقه من النتروجين بنسبة ٨٠٪ تقريباً، والأكسجين بنسبة ٢٠٪، على هيئة جزيئات ثنائية الذرات، أى مكونة من ذرتين (N_2) و(O_2). وبالنسبة للنتروجين فجميع إلكتروناته متزاوجة، ولا يتبقى منها شىء ليصنع روابط مع مواد أخرى. ولذلك، يعد النتروجين عنصراً خاملاً ، لا يتفاعل مع المواد الأخرى بسهولة، ولا يحترق مع أكسجين الهواء، ولهذا السبب فهو يستخدم كهواء خامل؛ وعلى سبيل المثال، تحفظ القهوة سريعة التحضير فى برطمانات محتوية على نتروجين حتى لا يتأكسد البن خلال فترة التخزين.

ومن ناحية أخرى، فإن الأكسجين له ذرات مفردة، وتميل إلى تكوين روابط. وبالنسبة للكائنات الحية، فالنتيجة الحيوية لهذه الخاصية، هى أن الأكسجين يستخدم هذه الإلكترونات فى الارتباط بذرات الحديد الموجودة فى الهيموجلوبين، ليحمله الدم إلى خلايا الجسم.

وثمة عناصر أكثر بساطة من النتروجين والأكسجين، ونعنى بها الغازات النادرة أو الخاملة، وهى: الهليوم helium، والنيون neon والأرجون argon، والكريبتون krypton، والزينون xenon . ولكل منها عدد سحرى من الإلكترونات يوفر لها الاستقرار تماماً حول نواها الذرية. وتعتبر هذه الغازات النادرة أكثر خمولاً من النتروجين، وليست لديها أية قابلية للتفاعل. وقد اكتشفت فى بادئ الأمر، باستثناء الهليوم، كمكونات صغرى للهواء (أما الهليوم، فقد اكتشف لأول مرة خلال تحليل لطيف الشمس، حيث رصدت خطوط ناتجة عن وجود العنصر فى الضوء القادم من الشمس).

ولا يوجد للغازات تركيب منتظم، فجزيئاتها فى حركة عشوائية على الدوام، وتميل الجزيئات الأخف إلى الحركة بصورة أسرع من الجزيئات الأثقل. وعلى سبيل المثال، ففى درجة حرارة الغرفة، تتحرك جزيئات النتروجين بسرعة تصل إلى حوالى ألف ميل فى الساعة.

وعند تسخين غاز ما، فإنه يتمدد - مثلما تتمدد الأجسام الصلبة؛ وإذا منعنا التمدد عن طريق تسخين الغاز فى وعاء مغلق، فالطاقة الحرارية التى تتعرض لها الجزيئات، تعمل على زيادة سرعتها المتوسطة، وتؤدى بالتالى إلى رفع درجة الحرارة. وبالمثل، إذا بردنا غازاً، فإن جزيئاته تتحرك بصورة بطيئة وتنخفض درجة الحرارة.

القوى بين الجزيئات

توجد المادة فى حالة غازية، إذا كانت القوى التى تشد جزيئاتها نحو بعضها البعض، أضعف من أن تتغلب على الاهتزاز الذى تتعرض له نتيجة التصادمات فيما بينها. وتعتبر القوى بين الجزيئات الغازية قوى ضعيفة، وهى تزداد قوة فى السوائل، وأكثر قوة بين جزيئات أو ذرات الأجسام الصلبة. وتعد الروابط التساهمية، التى تنشأ عن التشارك بالإلكترونات، هى أشد أنواع قوى الروابط - كتلك الروابط الموجودة فى جزىء الماء، والتى تربط الأكسجين بذرات الهيدروجين. وفى بعض الأجسام الصلبة نجد أيضاً تجاذباً كهروستاتيكياً بين أيونات تحمل شحنات متضادة - كتلك الموجودة فى كلوريد الصوديوم ($Na^+ Cl^-$). (الأيونات هى ذرات أو جزيئات فقدت أو اكتسبت إلكتروناً مشحوناً بشحنة سالبة، ومن ثم تصبح إما أيونات موجبة أو سالبة). فالصوديوم (Na^+) الذى فقد إلكتروناً، والكلور(Cl^-) الذى اكتسب إلكتروناً يكونان معاً الترتيب الإلكترونى للغاز النادر المستقر،

الذى يتسم بغلاف مشبع بثمانية إلكترونات حول النواة . ومن شأن الشحنات السالبة والموجبة أن تنجذب نحو بعضها البعض بقوة كبيرة ـ بينما تتنافر الشحنات المتماثلة عن بعضها البعض ـ بصورة مشابهة لما يحدث بين الأقطاب الشمالية والجنوبية للمغنطيسات .

وقد تكون هناك جزيئات لا تحتوى على أيونات مشحونة، ولكن توزيع الشحنة الإلكترونية بها غير منتظم، فينجم عن ذلك وجود شحنة جزئية موجبة فى أحد طرفى الجزىء، وشحنة جزئية سالبة فى طرفه الآخر؛ ويسمى مثل هذا الجزىء بالجزىء ثنائى القطب dipole . وهذه الجزيئات ثنائية القطب المستديمة، والتى تنشأ عن توزيع غير منتظم للإلكترونات حول النوى الموجبة، تؤدى إلى التجاذب بين الجزيئات، ولكن بشكل أقل قوة من التجاذب الأيونى .

ولا توجد ذرة غاز نادر بترتيبة ثنائية القطب، ولكن قد تؤدى حركة الإلكترونات الدائبة حول النواة إلى تكُون جزىء ثنائى القطب بشكل عابر مؤقت؛ ففى أية لحظة هناك احتمال لأن يزيد عدد الإلكترونات على أحد جوانب النواة عن جانبها الآخر. ورغم أنه بمضى الوقت سيئول هذا الجزىء ثنائى القطب إلى صفر، فلا مفر عند لحظة ما من وجود تجاذب ضعيف بين ذرات الغاز النادر. وكلما كان عدد الإلكترونات كبيراً، كانت هذه القوى الجاذبة الضعيفة أشد، بحيث إنه فى مجموعة الغازات النادرة، يزداد التجاذب مع زيادة الوزن الذرى بالتدرج من الهليوم إلى الزينون. ومع ذلك، فهذه القوى تبلغ من الضعف حداً أن جميع أنواع الغازات النادرة، بما فيها الزينون وهو أثقلها، تعتبر عناصر غازية فى الظروف العادية .

الإسالة Liquefaction

إذا بردنا غازاً، فإننا نصل إلى درجة تتفوق فيها القوى الجاذبة بين الجزيئات على القوى الطاردة التى تنشأ عن الاصطدام العشوائى ـ وكلما تناقصت قوة هذا التصادم تدريجياً، كانت حركة الجزيئات أبطأ ـ ويسيل الغاز. ويمكن المساعدة على هذه العملية بزيادة الضغط، حيث تجبر جزيئات الغاز على التقارب من بعضها البعض، فيتضاعف تأثير التجاذب بين الجزيئات. ويخرج قدر من الحرارة نتيجة عملية إسالة الغاز؛ وعلى العكس من ذلك، يمتص قدر من الحرارة عندما يتبخر السائل ويتحول إلى غاز.

وتستخدم هذه القاعدة فى التبريد، حيث تستخدم أجهزة التبريد سائلاً مثل الأمونيا (NH_3)، الذى يتسم بدرجة غليان منخفضة (أقل من صفر م) . ويتطلب تبخر السائل قدراً من الطاقة، ومن ثم تمتص الحرارة ويحدث التبريد. ثم يجرى بعد ذلك ضغط هذا الغاز الناتج عن التبخر، فيتحول مرة أخرى إلى سائل (وتتطلب عملية الضغط هذه قدراً من الطاقة قد تستمد من الكهرباء)، وعادة ما تخرج الحرارة الناتجة من خلف جهاز التبريد(الثلاجة) . وتستمر الأمونيا فى تكرار دورتها.

وترتهن درجات الحرارة التى نصل إليها فى جهاز التبريد على درجة غليان سائل التبريد. وللحصول على أقل درجات حرارة ممكنة، فإننا نحتاج إلى مادة ذات نقطة غليان أقل ما يمكن، أو بعبارة أخرى، ذات أقل قوى جاذبة بين الجزيئات، وتلك المادة هى الهليوم. وتبلغ درجة غليان الهليوم السائل ٢٦٩ م تحت الصفر، وذلك يعنى أن التبريد الذى يصل بالهليوم إلى درجة تحوله إلى الحالة السائلة ، من شأنه أن يجلب المواد المراد تبريدها إلى درجة قريبة من الصفر المطلق، أى ٢٧٣ م تحت الصفر.

وعندما تنخفض درجة حرارة مادة ما، تصبح تركيبتها أكثر ترتيباً، بسبب تناقص حركاتها الجزيئية. ومع استمرار انخفاض درجة الحرارة يتحول الغاز إلى سائل، ثم يتحول السائل إلى صورة صلبة عندما تقترب من الصفر المطلق، وعندها يسود الانتظام الكلى تقريباً. وعلى ذلك، فإننا نتوقع عند درجة حرارة الهليوم السائل بعض التأثيرات الخاصة؛ تلك التى سنناقشها فى الفصل القادم.

محاليل الغازات فى السوائل

تذوب الغازات فى السوائل. وتعد هذه العملية مسألة حيوية بالنسبة للأسماك، التى تعتمد فى تنفسها على الأكسجين المذاب فى الماء. ويساعد على إذابة الغازات فى الماء زيادة ضغط الغاز وتبريده. ويمكن إزالة الغازات المذابة فى الماء، عن طريق الغليان، ويمكن المساعدة على هذه العملية بتقليل ضغط الهواء فوق السائل المغلى، بواسطة مضخة تفريغ. وتذهب حدة الليمونادة الغازية أو الصودا أو الشمبانيا الفوارة إذا تركت مفتوحة، لأنه عندما تسكب هذه السوائل من أوعيتها المضغوطة، فإن غازاتها المذابة تتبخر.

ويسبب ذوبان هذه الغازات فى المحاليل المائية مشاكل للغواصين. فالغواص يتعرض لضغوط عالية بسبب وزن الماء من فوقه؛ ولذلك كلما ازداد تعمق الغواص صارت الغازات

الموجودة فى الهواء الذى يستنشقه أكثر ذوباناً فى سوائل جسمه. وإذا صعد إلى سطح الماء بسرعة، فإن الضغط ينخفض بسرعة وقد يخرج النتروجين الغازى من سوائل الجسم فى صورة فقاعات. وتسبب هذه الفقاعات الحالة المعروفة بالتحنى bends (مرض يصيب الذين يصلون فى جو من الهواء المضغوط)، والتى يرهبها الغواصون.

وأحد الأساليب المتبعة لتقليل هذه المشكلة، هى إبقاء الغواصين فى غرف تخفيض ضغط محكمة الإغلاق عندما يصلون إلى السطح، ويجرى تقليل الضغط ببطء ـ بالمعدل الذى يحول دون تكون فقاعات تلقائية. وهناك أسلوب جزيئى بديل، فبدلاً من أن يتنفس الغواص خليطاً من الأكسجين والنتروجين كما هو موجود فى الهواء العادى، يتنفس خليطاً من الأكسجين والهليوم الذى يقل كثيراً فى قابليته للذوبان عن النتروجين. لكن من العيوب المضحكة والخطيرة لهذا الأسلوب، أن صوت الغواص عندما يتحدث يصبح شبيهاً بصوت الإوزة ويصعب فهمه. ومصدر هذه الظاهرة هى الآلية التى يصدر بها الكلام: فالهواء يتذبذب فى الأحبال الصوتية مثل تذبذبه فى الآلات الموسيقية؛ فإذا تغير الغاز عن خليط الهواء العادى، تتغير سرعة الصوت، ومن ثم تتغير طبقته، ويؤدى ذلك إلى خروجه كصوت الإوزة.

تخدير عام General anaesthesia

وتحدث مشكلة أخرى أثناء الغوص، وهى أنه عندما يعلو الضغط بدرجة كبيرة، تتسبب غازات بسيطة من بينها النتروجين فى إحداث غيبوبة حسية narcosis فى البداية، تؤدى فى نهاية الأمر إلى التخدير. وكثيراً ما يكون لجزيئات صغيرة تأثيرات غامضة خادعة على الأجهزة الحية (كما سنرى عندما نناقش مسألة العقاقير)، وقد تسببها مقادير ضئيلة جداً. ويبدو أن التخدير العام أمر على درجة كبيرة نسبياً من البساطة؛ فإذا تعرض أى غاز لقدر كافٍ من الضغط، قد يكون من شأنه إحداث التخدير؛ وكلما ازدادت قابلية ذوبان الغاز فى الدهون، تعاظم تأثيره.

وتتسم الخلايا العصبية بالجسم، كما هو الحال فى جميع الخلايا،بأنها محاطة بغشاء يتكون فى معظمه من مادة شحمية أو دهنية، ويبدو أنه عندما يتمزق غشاء الخلية العصبية، تمنع جزيئات غاز المخدر رسائل الألم من الوصول إلى المخ، وتجعل المرء ينام فى سلام عندما يبدأ الجراح عمله.

ومن الضروري للاستخدام الإكلينيكي أن تكون هناك غازات مخدرة عند الضغوط العادية. ومن الغازات التي يشيع استخدامها، غاز الكلوروفورم، وغاز الهالوثان (وتحتوي جزيئاته على ذرات الكربون والهيدروجين والهالوجين). وتتصف هذه الغازات كلها بتركيبات بسيطة نسبياً، ولا يتفاعل معظمها كيميائياً. وكان لاستخدامها كمواد تخدير تأثير كبير على الطب، جعل القرن العشرين، من وجهة نظر الجراحة، من أفضل العصور التي عاشها الإنسان.

أبحاث إضافية

يدرس الكيميائيون الطبيعيون الغازات، في محاولة لتحديد طبيعة ومقدار القوى بين الجزيئات بصورة دقيقة. فلو أمكن استنتاج القوى بين الجزيئات بدقة، فسيمكن حساب العديد من خصائص المواد عن طريق الكمبيوتر وتجنب الحاجة إلى إجراء التجارب.

فمن خلال معرفة القوى بين جزيئين من جزيئات الماء يمكن إجراء محاكاة كمبيوترية للماء السائل. ورغم أن نتائج مثل هذه المحاكيات تتطلب قدراً كبيراً من وقت الكمبيوتر، فإنها تعد نتائج بالغة الروعة، ولقد صار بالإمكان حالياً استنتاج معظم خصائص الماء باستخدام الكمبيوتر. ويجري حالياً تطبيق هذه النوعية من الدراسة على مواد أخرى. ومن غير شك ستصبح المحاكيات الكمبيوترية للمشاكل الكيميائية نشاطاً بحثياً أساسياً في العقود التالية، عن طريق استخدام أجهزة الكمبيوتر المصممة لهذا الغرض.

قشرة الأرض - المواد الصلبة

الكيمياء التى بدأت من الجزيئات البسيطة فى الكون البدائى، وانتهت إلى التركيبات الصلبة، التى تتكون منها النجوم، والكواكب، وأرضنا، احتاجت إلى آلاف السنين لكى تصنع منتجات جزيئية معقدة نسبياً. ولقد كانت معظم المواد المتاحة للإنسان البدائى من التعقيد، بالنسبة للكيميائيين القدامى لدرجة أنهم قضوا قروناً عديدة فى دراسة عديمة الجدوى ، قبل أن يصلوا إلى أى فهم حقيقى، وهو ما يفسر سبب تأخر تطور الكيمياء كعلم، لا سيما وأن المواد التى تتكون منها قشرة الأرض وهى: الصخور والتربة والمعادن، تتكون من مصفوفات ثلاثية الأبعاد من الذرات أو الجزيئات، وهى تعتبر بصفة عامة أكثر تغيراً عن السلاسل أحادية البعد الموجودة فى الكائنات الحية. ومع ذلك، أحياناً ما تقدم الطبيعة ترتيبات عجيبة من الذرات، غالباً ما تكون على درجة كبيرة من البساطة.

الماس

ويعد الماس Diamond - تلك المادة التى تقتصر فى تركيبها على ذرات الكربون - واحداً من أبسط المواد الصلبة، من الناحية التركيبية ، وله أهمية حقيقية بالغة. وكما رأينا فى الفصل الأول، يحتاج الكربون إلى تكوين أربع روابط كيميائية لكى يحقق مجموعة مستقرة. و يعد الميثان (CH_4) أبسط الأمثلة لهذه هذه المجموعة، وهو غاز يوجد أحياناً فى مناجم الفحم، أو كأحد مكونات الغاز الطبيعى. وهناك صفة خاصة لذرات الكربون، تتمثل فى ميلها أيضاً إلى تكوين روابط من إلكترونات تساهمية مع ذرات كربون أخرى. وعلى ذلك، يمكن من حيث المبدأ، أن تستبدل بكل ذرة من ذرات الهيدروجين الموجودة فى الميثان ذرة كربون،

والتى يمكن بالتالى أن تتحد عن طريق الروابط الإلكترونية التساهمية بثلاث ذرات هيدروجين أخرى ، وهلم جراً (كما هو مبين فى شكل٥) . ويبلغ من ثقل الجزىء العملاق الناتج عن ذلك، وهو الماس (الموضح بشكل ٦) ، أنه يكون فى الحالة الصلبة بدلاً من الحالة الغازية. ورغم أنه يتكون بشكل عادى فى الطبيعة، فإنه من المعادن النادرة، ويحتمل أن يكون السبب فى ذلك هو احتياجه لضغوط هائلة ليتكون فى الحالة الصلبة.

ميثان

إيثان

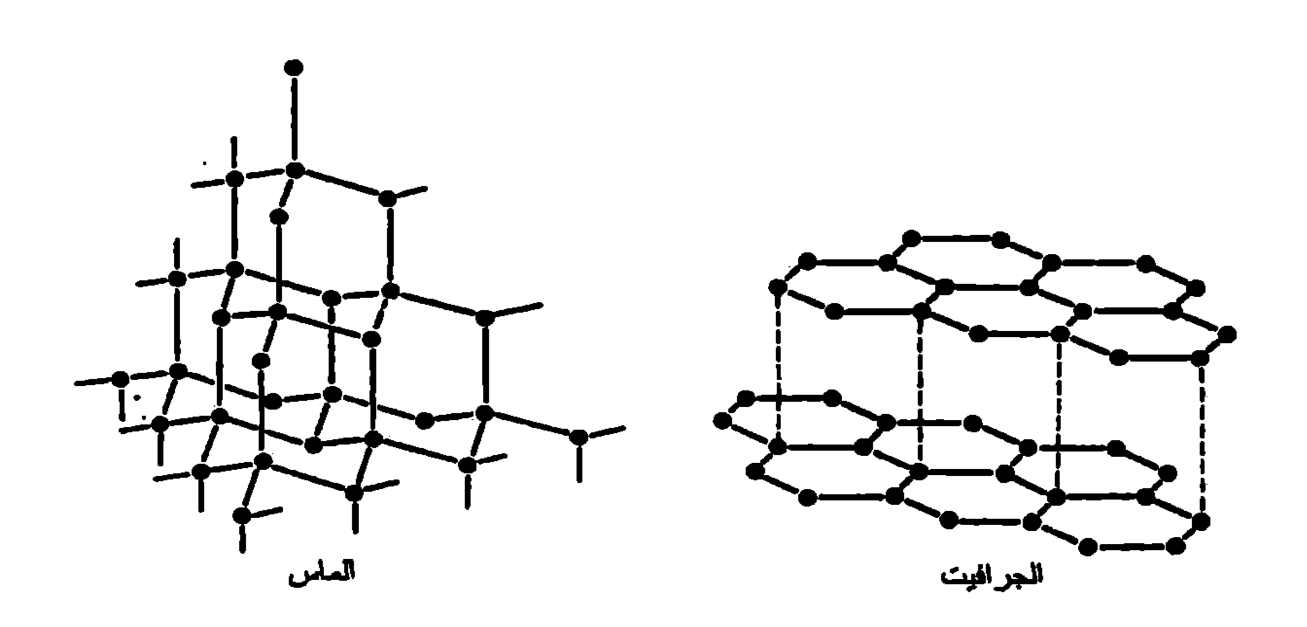
بروبين

بوتان

شكل (٥) سلاسل من الذرات الكربونية فى جزيئات هيدروكربونية بسيطة.

وتأتى صلابة الماس وصلادته ، نتيجة الروابط الكيميائية القوية، التى تربط بين جزيئاته فى كل اتجاه . فمن ناحية يصعب تماماً سحق الماس، ومن ناحية أخرى، فهو يمكن أن ينفلق عند مستويات معينة، تقل عندها الروابط الكيميائية، وهذه خاصية يستغلها صانعو المجوهرات؛ وتوجد فى تركيبته قنوات، يمكن أن تمر خلالها جسيمات صغيرة مثل الإلكترونات. وتمثل النماذج، كتلك الموضحة فى شكل ٦ ، صورة جيدة للعلاقة بين الخصائص الملموسة لمادة ما وتركيبها على المستوى الذرى أو الجزيئى.

وتجدر الإشارة أيضاً إلى الجرافيت، الذى يعتبر صورة أخرى من صور الكربون النقى. وفى هذه الحالة، يوجد الكربون فى طبقات ضعيفة الترابط ، ومن ثم يتسم الجرافيت بأنه أكثر نعومة من الماس.



شكل (٦) تركيبات الماس والجرافيت، توضح المواضع النسبية لذرات الكربون .

ملح الطعام

وهناك مادة صلبة أخرى معروفة ذات تركيبة بالغة البساطة، وهى ملح الطعام (Na Cl)، ويتكون جزىء ملح الطعام من ذرة صوديوم (Na) متحدة مع ذرة كلور(Cl) . وفى هذه الحالة،لا ترتبط الذرات مع بعضها بروابط الإلكترونات التساهمية، لكنها توجد فى صورة أيونات(Na^+ و Cl^-) . والأيونات كما ذكرنا من قبل، هى ذرات أو جزيئات فقدت أو اكتسبت إلكتروناً مشحوناً بشحنة سالبة، ومن ثم فهى إما أن تكون أيونات موجبة أو سالبة.

وتتكون بلورة الملح المستقرة (كلوريد الصوديوم) من نظام تشابكى من الأيونات المتبادلة lattice of alternating ions . ومرة أخرى، يمكن التنبؤ بالخصائص الميكروسكوبية (التى تُرى بالعين المجردة) للمادة الصلبة من خلال هذا النموذج. ويتسم الجذب الكهربى بين الأيونات بأنه قوى جداً، ولذلك فإن المواد من قبيل الملح لها درجات انصهار عالية جداً، وينبغى أن ندخل عليها قدراً كبيراً من الطاقة الحرارية لتمزيق تركيبتها،

وجعل ذراتها تتفكك عن بعضها وتسيل. لكننا إذا أحطنا بلورات الملح بجزيئات الماء، فإننا نحجب التفاعلات الكهربية القوية المتبادلة بين الأيونات الموجبة والسالبة، وتنهار البلورات نتيجة لانخفاض شدة الجذب بين الأيونات. ولذا ، فعلى الرغم من صعوبة صهر الملح فإنه يذوب بسهولة تامة.

المعادن

يمكن تمثيل المعادن على أنها مصفوفات مرتبة من أيونات مشحونة بشحنة موجبة وسط بحر من الإلكترونات. ويعتبر التركيب في مجمله متعادلاً كهربيًا، لأن مجموع الشحنات الموجبة على الأيونات الذرية للمعدن يتساوى مع عدد الإلكترونات التى تحظى بحرية حركة نسبية. ويعد بحر الإلكترونات هو مصدر اثنين من أبرز خصائص المعادن، وهما: التوصيل الكهربى، والتوصيل الحرارى. وينشأ التيار الكهربى فى معدن ما بسبب الإلكترونات المشحونة بشحنة سالبة، والتى تنساب نحو القطب الموجب لبطارية، أو نحو مأخذ التيار. وينشأ التأثير الحرارى للتيار الكهربى (كما فى حالة الموقد الكهربائى) بسبب تدفق الإلكترونات المتصادمة بالنوى الذرية غير المتحركة؛ وتظهر الطاقة الحركية الناشئة عن ذلك فى صورة حرارة.

وتشكل المعادن نسبة كبيرة من العناصر الكيميائية. فالذهب كان معروفاً منذ عصور ما قبل التاريخ، وهو يعتبر من المعادن سهلة الطرق، ويمكن تشكيله بسهولة، حيث تنزلق طبقات الذرات فيما بينها بيسر. ولا يمكن تشغيل المعادن الأكثر صلابة إلا بواسطة درجات حرارة عالية ، حيث تؤدى الحرارة إلى اهتزاز الذرات ، فتضعف القوى بين الذرية. وتؤثر درجة نقاء المعدن على صلابته؛ فالحديد النقى يمكن تشغيله بالتسخين، وهو ما اكتشفه أجدادنا فى عصر الحديد. أما الحديد الغفل أو الزهر، فهو شديد الصلادة والقصف (سهل الكسر) . ويتم الحصول على مثل هذا الحديد من الفرن مباشرة، وهو يحتوى على نسبة صغيرة من الكربون، الناجم من فحم الكوك المستخدم. وتتوزع ذرات الكربون بصورة عشوائية فى التركيب الشبكى لذرات الحديد، وتمنع طبقات الذرات من الانزلاق فيما بينها.

لا توجد معظم العناصر الفلزية بصورة نقية فى الطبيعة، باستثناء الذهب والفضة والزئبق وأحياناً النحاس. وكثير من العناصر المعدنية توجد فى المناجم متحدة مع عناصر أخرى؛ وعند تسخين خام المعادن، فإن بعض الفلزات تتأكسد بسهولة بواسطة الأكسجين الجوى، لتعطى

أكاسيد فلزية. ويجرى استخلاص المعدن بعد ذلك بالتخلص من الأكسجين فى الأكسيد - عن طريق تسخين الأكسيد مع الكربون فى صورة كوك أو فحم فى فرن. ومن بين المعادن الناتجة بهذه الطريقة المعادن المهمة تجارياً، مثل الحديد والنحاس والرصاص والقصدير والزنك. وكان لاستخلاص هذه المعادن تأثيرات قوية على تاريخ البشرية، نتج عنها عصر الحديد، وبعد ذلك عصر البرونز (عندما اكتشف أن خليط النحاس والقصدير ينتج سبيكة البرونز).

وثمة فلزات أخرى عندما تتأكسد تشكل أكاسيد قوية تفوق فى شدة تماسكها النحاس والحديد؛ ومثل تلك الفلزات لم تكن تحضر فى صورة نقية حتى عهد قريب لا يزيد على مائتى سنة. وتشمل هذه الفلزات الصوديوم والمغنيسيوم والألومينيوم. وتوجد المركبات المحتوية على هذه العناصر بوفرة فى القشرة الأرضية؛ غير أن استخلاص فلز الصوديوم من كلوريد الصوديوم واستخلاص العناصر الأخرى التى تصنع بسهولة أيونات موجبة من مركباتها، لم يكن ليتم إلا بعد اكتشاف الطرق الإلكتروليتية (أى حتى اختراع البطارية الكهربية مع بداية القرن التاسع عشر). وعندما ينساب التيار الكهربى خلال كلوريد الصوديوم المنصهر تنتقل أيونات الصوديوم الموجبة نحو اللوح السالب أو كاثود الخلية (حيث يتكون المعدن)، بينما تنتقل أيونات الكلور السالبة نحو الأنود الموجب (حيث تخرج فى صورة غاز الكلور). ويوجد فلز الألومينيوم الخفيف بوفرة فى القشرة الأرضية فى صورة أكسيد يطلق عليه البوكسيت. ويتطلب استخلاص هذا الفلز، الذى يعتبر على درجة كبيرة من الأهمية لصناعة الطائرات، مقادير هائلة من الكهرباء لتحليل أكسيد الألومينيوم كهربياً. ولهذا السبب، يتركز إنتاج الألومينيوم على نطاق واسع فى المناطق التى تتوافر فيها الكهرباء بأسعار رخيصة.

وتعتبر تكلفة الكهرباء أو أنواع الطاقة الأخرى المستخدمة، عاملاً رئيسيا فى إنتاج الفلزات، وفى الكيمياء بصفة عامة. ويتقيد الكيميائى دائماً بقوانين الديناميكا الحرارية ther-modynamics، التى ينص قانونها الأول على أنه لا يمكن الحصول على شىء من لا شىء.

الزجاج

على الرغم من أن الزجاج يبدو صلباً، فإنه على المستوى الجزيئى يشبه السائل. وفى الحقيقة إنه مادة صلبة غير متبلرة، وذلك وصف أطلقه أيروين شرويدنجر، الذى يعتبر «أبو ميكانيكا الكم»، فى قوله المأثور: إن ما يسمى بالمواد الصلبة غير المتبلرة هو إما لا تكون متبلرة حقيقة أو لا تكون صلبة حقيقة. وذلك يعنى أن جزيئات المادة ليست مصفوفة بصورة

منتظمة فى التركيب الشبكى، لكنها تتصف بشيء من العشوائية . ويتكون خام الكوارتز الذى يصنع منه الزجاج، من ذرات السيليكون والأكسجين بنسبة ذرتى أكسجين لكل ذرة سيليكون (SiO2) . وتشكل جزيئات السيليكون فى بلورة الكوارتز سلاسل حلزونية. فإذا تعرض الكوارتز، الذى يعتبر الرمل إحدى صوره غير النقية، للتسخين لدرجة أعلى من درجة انصهاره، وبرِّد بعد ذلك بسرعة، فلن تكون لدى سلاسل السيليكات الوقت لأن تعود مصفوفة بلورية تامة، وإنما سوف تتصلب فى صورة تركيب غير منتظم، هو تركيب الزجاج. وتصنع أنواع خاصة من الزجاج من أكاسيد الرصاص والبورون والألومينيوم والصوديوم أو الكالسيوم المخلوط مع الرمل. وتبنى عناصر، مثل الصوديوم أو الكالسيوم روابط أيونية مع ذرات سيليكات الأكسجين، وتعطى زجاجاً أكثر ليونة، وذا درجة انصهار منخفضة. ويبنى البورون والألومينيوم روابط تساهمية إلكترونية لإنتاج الزجاج البيركس pyrex glass، الذى يماثل زجاج السيليكات النقى، أو الكوارتز المصهور تقريباً فى صلابته ودرجة مقاومته للحرارة، وله أيضا شبكة كاملة من الروابط التساهمية.

مواد صلبة جديدة

لقد غيرت الأجهزة الإلكترونية التى تستخدم الجوامد ورقائق السيليكون عالمنا المعاصر. فالمواد المستخدمة فى هذه الأجهزة واضحة نوعًا ما ، حيث تستخدم العناصر الفلزية كموصلات، والسيليكون والمواد المغنطيسية البسيطة كعناصر ذاكرة. وفى المقابل، تستخدم الطبيعة الجزيئات العضوية فى تخليق الآلية الأكثر روعة والمتمثلة فى مخ الإنسان. وعلى ذلك يبدو أنه من المثير بالنسبة للكيميائيين أن يسعوا، مستعينين بما يمكن أن يتعلموه من الطبيعة، إلى تخليق مواد أفضل ليستبدلوها بالمواد المستخدمة حالياً فى الأجهزة الإلكترونية. وقد بدأ عصر البحث عن المواد العضوية التى ستعمل كموصلات كهربية وأشباه موصلات وعناصر ذاكرة وأجهزة تخزين للبيانات وأجهزة عرض بصرية.

ويبدو أن النجاح فى هذه المجالات البارزة، سيتحقق على الأرجح من خلال تضافر مهارات الكيميائى العضوى، الذى يستطيع تصميم جزيئات ذات خصائص معينة، مع مهارات الكيميائى المبلمر الذى يستطيع أن يصنع اللدائن والمواد المشابهة.

أنهار الأرض وبحارها - السوائل

ترتهن درجة الحرارة التى يتحول عندها غاز إلى الحالة السائلة بشدة القوى الجاذبة بين جزيئاته. وبصفة عامة، فإننا نتوقع كما رأينا سالفاً، أن تزداد القوى بين الجزيئية بزيادة تعقد الجزيئات، وارتفاع عدد الإلكترونات الموجودة بها. وفى درجة حرارة الجو، توجد جزيئات بسيطة مثل، ثانى أكسيد الكربون والأمونيا وكبريتيد الهيدروجين فى حالة غازية، بينما توجد تركيبات أكثر تعقيداً، مثل البنزين أو الأسيتون (مزيل طلاء الأظافر) فى حالة سائلة. وبمعنى آخر، فإن الطاقات الحركية الموجودة فى الجزيئات البسيطة عند درجة حرارة الجو، تعنى أن القوى بين الجزيئية لا تصل إلى درجة منع الجزيئات من الانفصال عن بعضها البعض، ولو كانت مثل هذه الجزيئات موجودة فى الحالة السائلة لتبخرت. أما الجزيئات الأكبر، فمن شأنها أن تتجاذب وتتماسك بدرجة قوية، وتكون سائلاً ذا سطح؛ وبالتالى فإن تبخّر الجزيئات وتحوّلها من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية يقتضى قدراً من الحرارة.

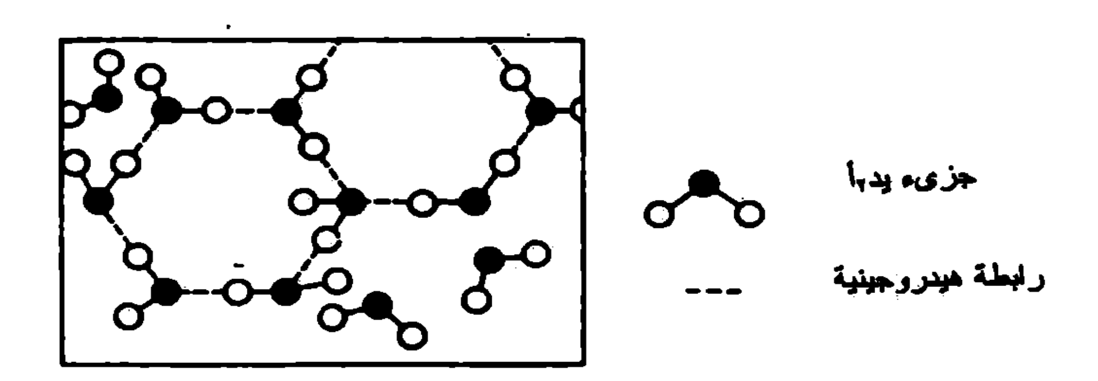
الماء

يعتبر الماء أحد الاستثناءات البارزة من التعميم السابق: فالماء المكون من جزيئات خفيفة وبسيطة (H_2O)، يكون سائلاً فى درجات الحرارة العادية وينبغى تسخينه لكى يغلى. وهذا يعنى بالضرورة، أنه توجد لأسباب خاصة، قوى جذب قوية فيما بين جزيئات الماء؛ وبالفعل، فهناك أنواع خاصة من الروابط تنشأ عندما تتحد جزيئات محتوية على ذرات هيدروجين مع أحد العناصر الثلاثة - النتروجين، والأكسجين، والفلور. وتجتذب نوى هذه العناصر الخاصة إلكتروناتها بشدة، لدرجة أنها عندما تكون روابط من الإلكترونات التساهمية مع ذرات الهيدروجين فإنها تنتهى إلى نوع غير متسق من التساهم بالإلكترونات؛

ونتيجة لذلك تحمل ذراتها شحنة سالبة جزئية، وتحمل ذرات الهيدروجين شحنة موجبة جزئية. وتشكل القوى الجاذبة بين الجزيئات المشحونة جزئيًا ما يطلق عليه اسم «الروابط الهيدروجينية». وهى روابط تكتسى أهمية خاصة بالنسبة لجزيئات الماء.

ولا تقتصر فائدة الروابط الهيدروجينية على مجرد ضم جزيئات الماء إلى بعضها لتكوين سائل فى درجة حرارة الجو، وإنما هى تتسم كذلك بأهمية بالغة فى البيولوجيا وفى عمل الأجهزة الحية، فسلاسل الـ د. ن. أ فى المادة الوراثية، ترتبط ببعضها بروابط هيدروجينية. ولهذا النوع من الروابط أيضًا أهمية قصوى فى إنتاج التركيبات ثلاثية الأبعاد للإنزيمات المطلوبة، من خلال تكوين حلقات عرضية بين سلاسل الأحماض الأمينية amino acids، على نحو ما سنرى لاحقاً، فمن شأن هذه الروابط أن تضفى على التركيب مزيداً من المتانة. ويعطى الشكل (٧)، فكرة عن تركيب الماء، وتمثل فيه ذرات الهيدروجين بدوائر بيضاء، وذرات الأكسجين بدوائر سوداء.

وفى الماء السائل، يصنع كل جزىء مفرد من جزيئات الماء(H_2O) روابط هيدروجينية بين H من أحد الجزيئات والـ O من جزىء آخر. وعلى ذلك لا يتكون السائل من جزيئات فردية تتحرك بصورة عشوائية ؛ فهناك مدى قصير محدود، حيث يرتهن وضع كل جزىء على موقع الجزىء المجاور الذى يرتبط به. ونتيجة لهذا التركيب المرتب للجزيئات، فإن الصورة الصلبة للماء، أى الثلج، تتسم بتركيب مفتوح أكثر منه فى السائل؛ ومن ثم عندما يقترب الماء من درجة التجمد (أقل من 4 م) فهو يصبح أكثر كثافة من الثلج، ومن ثم يطفو الثلج فوق الماء. وهذه الحقيقة مألوفة لدرجة أنه يصعب إدراك مغزاها. ولا توجد أية حالة أخرى تقريبًا، يكون فيها وزن المادة فى الحالة الصلبة أقل منه فى الحالة السائلة. ولو كان كوكبنا مغطى مثل جميع الكواكب الأخرى بغاز الأمونيا، لبدت الأشياء بصورة مختلفة تماماً، ولما تطور العالم إلى وضعه الحالى.



شكل (٧) منظر لحظى لتركيب الماء. كل جزىء H_2O يرتبط بالجزيئات الأخرى بواسطة روابط هيدروجينية، تتكون وتنفصل ثم تتكون مرة أخرى.

ومرة أخرى، نظراً لقوة الروابط الهيدروجينية التى تربط جزيئات الماء وتحفظها فى صورتها السائلة، فإنها تتطلب قدراً كبيراً من الطاقة الحرارية لكى تتحطم ويتبخر الماء. وتساعد هذه الخاصية على ضبط درجة حرارة أجسامنا ـ عن طريق تبخر الماء الخارج فى صورة عرق. وبسبب تلك القوة فى الروابط الهيدروجينية، يؤدى بذل قدر كبير من الطاقة إلى تبخر مقدار صغير من الماء. وتستمد الحرارة من جسم الإنسان؛ وبالتالى نشعر بشىء من الترطيب.

المحاليل المائية

وبالإضافة لكون الماء هو المادة الأكثر وفرة على سطح الأرض، فإنه أيضًا يعد المذيب الأكثر استخداماً، حيث تذوب المواد الصلبة فى الماء لتعطى محاليل مائية aqueous solutions. ومرة أخرى، تعزى خاصية الماء هذه لحقيقة أن ذرة الأكسجين فى رابطة O-H تجتذب الإلكترونات بطريقة أقوى كثيراً من جذب ذرة الهيدروجين لها. ولهذا السبب تكون ذرة الأكسجين مشحونة بشحنة سالبة إلى حد ما، ولها إلكترونات قريبة منها تفوق عدد البروتونات فى نواتها، بينما تحمل كل ذرة من ذرات الهيدروجين شحنة موجبة جزئية. وينشأ عن هذا أن يكون للجزىء عزم ازدواج قطبى، سالب عند ذرة الأكسجين وموجب عند ذرتى الهيدروجين. ولا يسهم هذا الازدواج القطبى فى الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء فقط، ولكنه يساعد أيضاً جزيئات الماء على الارتباط بأيونات مثل Na^+ و Cl^- فى ملح الطعام والتى تحمل شحنات كاملة، أو يساعد على تكوين الجزيئات الأخرى ذات التوزيعات ثنائية القطب. ومن ثم يعتبر الماء مذيباً جيداً،لا سيما بالنسبة لتلك المواد المسماة بالمواد القطبية polar substances. وعلى النقيض من ذلك، فالمواد المكونة من جزيئات غير مشحونة وليس لها توزيع ثنائى القطب، لا تذوب فى الماء: وأقرب مثال لذلك هو الزيت، الذى يتكون من جزيئات هيدروكربونية، لا تحتوى إلا على ذرات هيدروجين وذرات كربون، ولا تتسم أى منهما بقابلية جذب قوية للإلكترونات.

المزلقات (زيوت أو شحوم التزليق)

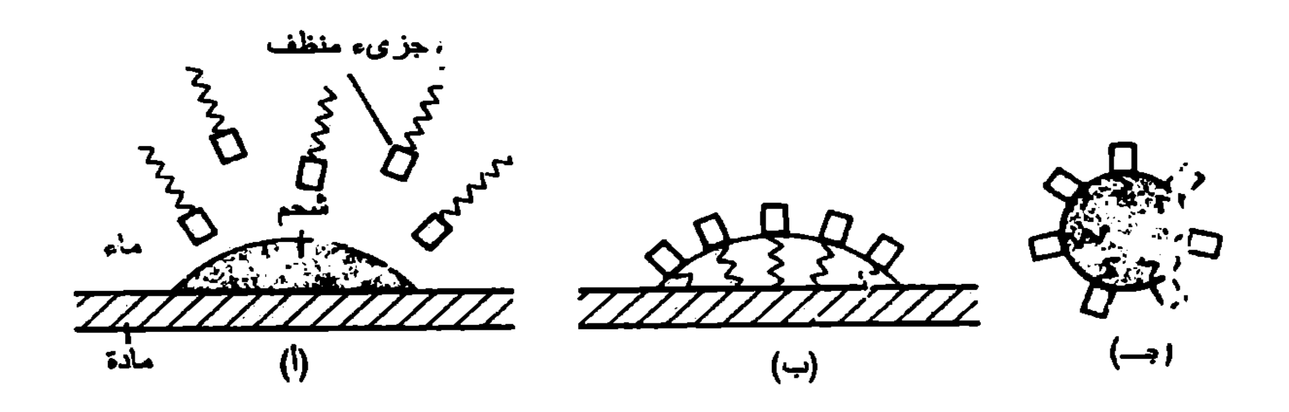
تتكون زيوت التشحيم lubricating oils من ذرات مشتركة فى جزيئات طويلة شبيهة بالسلسلة، وبالتالى فهى تتسم بقوى بين ـ جزيئية كبيرة. ومن الصعب دفع شىء داخل هذه السوائل، لأن الجزيئات تميل إلى الالتصاق ببعضها، وتصبح متشابكة. وعلى المستوى البادى للعيان، تتصف هذه السوائل باللزوجة، وتلتصق بسطح أى معدن ومن ثم تصنع طبقة لزِقَة.

وهناك سائل غريب في خصائصه، وهو أكسيد الإيثيلين. فهو في الماء يقلل مقاومته اللزجة، ويستطيع المرء أن يسرع حركة قاربه إذا عمد،على سبيل المثال، إلى رش هذا الأكسيد على الجسم الخارجي للقارب. وعلى ذلك يحظر استخدامه في يخوت السباق. ومع ذلك، يستخدم أكسيد الإيثيلين في خراطيم إطفاء الحريق لتقليل الاحتكاك بين الماء وجدران الخراطيم .

الصابون والمنظفات

ورغم أن الصابون والمنظفات تنتج عادة في صورة مواد صلبة، فإن خصائصها في المحلول تكتسي درجة كبيرة من الأهمية. فهي حيل جزيئية تساعد المواد التي لا تذوب في الماء، مثل الزيوت والشحوم، على الذوبان في الماء. وتقوم آليتها(انظر شكل ٨) على أن يكون جزيء المنظف ذا طرف هيدروكربوني، أي يذوب في المواد الشحمية، والطرف الآخر هو مجموعة مشحونة من حمض ما، أي تقبل الذوبان في الماء. وعندما تحيط جزيئات المنظف بالأوساخ الزيتية يحدث التحلل؛ إذ يلتصق الهيدروكربون بالأوساخ المحيطة بالجزيئات غير القابلة للذوبان في الماء، بينما يتيح الطرف الآخر من جزيء المنظف الذوبان.

ويعتبر تأثير المنظفات في تقليل عناء الغسيل، أحد السبل العديدة التي ساهمت بها الصناعة الكيميائية في توفير حياة أفضل في البيوت.



شكل (٨). تأثير جزيئات المنظف على الشحوم. (أ) يتم غمر المادة المتسخة بالشحوم في محلول منظف.
(ب) تذوب أذيال جزيئات المنظف في الشحم في حين تنجذب الرؤوس إلى الماء.
(جـ) أصبح الشحم محاطاً بجزيئات المنظف، وبذلك يمكن أن يذوب في الماء.

هليوم سائل

وإذا كان الماء هو السائل الأكثر أهمية، فالهليوم المُسَال هو السائل الأكثر غرابة. فالقُوَى بين - الجزيئية (أو، فى هذه الحالة، القوى بين - الذرية، حيث تعتبر ذرات الهليوم كيانات مفردة ثابتة)، هى قوى ضعيفة جداً، لأنه لا يوجد بالذرة سوى إلكترونين. ومن ثم، فإنه يتطلب أقل درجة حرارة، قياساً بكافة العناصر، حتى يتحول إلى الحالة السائلة. ولذلك فهو يستخدم كسائل تبريد أينما تكون ثمة حاجة إلى أقل درجة حرارة ممكنة، كما هو عليه الحال، على سبيل المثال، عند دراسة فرط الموصلية superconductivity . فهذه الظاهرة هى من الظواهر الغريبة التى تكتسى فى الوقت ذاته أهمية بالغة، حيث تتحرك الإلكترونات فى أزواج ولا تتنافر كشأنها فى الطبيعة، ولا تكون للمعادن أية مقاومة. ومع انعدام المقاومة، تستطيع تيارات ضخمة أن تتدفق. وكان أول تطبيق عملى لفرط الموصلية، هو إنتاج المغنطيسات الكهربية electromagnets ذات المجالات المغنطيسية الهائلة، وهى تستخدم حالياً فى أشكال جديدة لماسحات الجسم body scanners بدون استخدام الأشعة السينية X-rays .

وعند درجات الحرارة المنخفضة للغاية، التى تقترب من الصفر المطلق، وحيث يتوقع المرء أن يتجمد الهليوم، يظل فى الواقع سائلاً. ومع ذلك ، يظل تركيبه مرتبًا للغاية. ويمكن توقع الميل إلى الترتيب عند درجات الحرارة المنخفضة وفهمه انطلاقاً من القانون الثانى للديناميكا الحرارية، الذى ينص على أن النظم عند درجات الحرارة العالية، تصبح أكثر اضطراباً وعشوائية. وتسبب هذه المصفوفة المنتظمة من ذرات الهليوم بعض الظواهر المدهشة. فإذا بدأ السائل، على سبيل المثال، فى الانسياب فسوف يستمر انسيابه، وتتحرك كل الذرات بانتظام وتوافق. وبهذه الطريقة، يمكن للسائل الانسياب خارج دورق بالصعود على جدران الوعاء! فمقتضيات النظام تفوق قيود الجاذبية.

بلورات سائلة

هناك طائفة من السوائل تشترك مع المواد الصلبة فى بعض السمات،وتسمى لهذا السبب بالبلورا ت السائلة liquid crystals .وهى تتكون أساسًا من جزيئات شبيهة بالقضيب، تتجمع مع بعضها بطريقة ما ليصبح لها تركيب منتظم فى أحد الأبعاد وتركيب عشوائى فى البعد الآخر. وتكتسى التركيبات المصفوفة جزيئاتها على هيئة طبقات، درجة من الأهمية من وجهة النظر التجارية، ويعتمد اللون الظاهرى للبلورات السائلة بدرجة كبيرة على مدى

تباعد الطبقات، وعلى الزوايا بين الجزيئات فى الطبقات المتجاورة. ويؤدى تغير هذه المتغيرات، سواء عن طريق تغيير درجة الحرارة أو عن طريق التعرض لضغط ميكانيكى، إلى تغير اللون فى البلورات.

وأوجه تطبيق هذه التغيرات الحساسة للّون كثيرة ومتنوعة. ويستطيع المرء، على سبيل المثال، أن يشترى ترمومترات رقمية تعمل بالبلورات السائلة، التى لا لون لها فيما عدا عند درجات حرارة معينة. ويمكن استخدام المواد البلورية السائلة فى فحص أعضاء الجسم، حيث تشع حرارة بمعدل مختلف عن النسيج المحيط بها، أو نتيجة لأورام، أو لشدة الحروق. ويمكن لستخدام لون شريط بلورى سائل كوسيلة رصد مستمر لدرجة حرارة الطفل.

وتتجلى الأهمية التطبيقية للبلورات السائلة فى الأجهزة ذات شاشات البيانات، مثل الساعات الرقمية. ومن وسائل إظهار البيانات على الشاشة هو لستقطاب الجزيئات الطويلة من المحلول البلورى السائل، بحيث تصبح مشحونة بشحنة موجبة عند طرف ومشحونة بشحنة سالبة عند الطرف الآخر، وأن يذاب فى هذا المحلول مادة أيونية ذات شحنة إلكترونية. وعندما يوضع المحلول بين لوحى مكثف(أحدهما موجب والآخر سالب) يصبح عكراً، حيث تتداخل الجزيئات الطويلة المصطفة بفعل الأيونات الصغيرة المندفعة خلالها صوب اللوح المشحون بشحنة موجبة. وعند إغلاق المكثف يعود التركيب المنتظم فى الحال وتختفى العكارة، ويرجع السائل صافياً مرة أخرى. والقدرة على تحويل منطقة من البلورات السائلة، بين لنوصوح والعتامة، تعتبر الأساس فى مثل هذه الأجهزة .

وغالباً ما يكون إسهام الكيميائى فى هذا المجال إسهاماً كبيراً،من خلال تصميم جزيئات ذات خصائص مطلوبة لتطبيق معين.

الجزيئات والحياة

من أحد الأسئلة الأساسية والمحيرة للعقل فى العلم هو: كيف بدأت الحياة، ورغم أن بعض الناس يعتقدون بأن أصول الحياة نشأت خارج الأرض، أو نشأت بطريقة غامضة خفية، فإن وجهة النظر العلمية الأكثر قبولاً، هى أن الحياة قد تطورت هنا على سطح الأرض؛ تلك الأرض ذاتها التى نشأت من الجزيئات، التى تكونت لأول مرة فى الفترة التى أعقبت الانفجار العظيم. وتتكون المادة الصلبة للأرض من تركيبات ثلاثية الأبعاد من الذرات والجزيئات؛ أما الكائنات الحية فتتكون فى الغالب من سلاسل جزيئات أحادية البعد؛ وفى هذا الإطار، إن لم يكن فى غيره، فهى تعد من أبسط النظم ثلاثية الأبعاد من حيث التركيب.

نسخ الجزيئات

استنسخ الكيميائيون فى معاملهم الظروف المرجح أنها كانت سائدة على الأرض البدائية، والتى أحياناً ما توصف بالحساء البدائى primordial soup. ومن الواضح أن العواصف الكهربية، أو الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس قد وفرت الطاقة اللازمة لهدم التركيبات الجزيئية، مما أتاح لها أن تتشكل من جديد على هيئة بعض الترتيبات المحتملة، وأوضحت التجارب بالفعل أن تلك الجزيئات العضوية، التى تعتبر بحق وحدات البناء المهمة للكائنات الحية، قد نتجت هذه الظروف المفترضة.

وبطبيعة الحال، فإن إنتاج مكونات المواد الحية يعتبر مساراً بعيداً عن خلق الحياة، مهما كانت خطوة البداية مهمة. ولم تكن الحياة فى صورتها البدائية لتنشأ إلا عندما تستطيع الجزيئات أن تستنسخ أو تستنسخ نفسها. وبالنظر إلى ملايين السنين التى استغرقتها هذه العملية لكى تتطور، فمن غير المستبعد أن تكون الأحداث قد جرت على النحو التالى.

من شأن ذرات الكربون فى الجزيئات العضوية أن تتعرض كثيراً للحث، لكى تترابط وتتحد، من أجل تكوين سلسلة. فإذا انجذبت كل واحدة من وحدات البناء الجزيئية فى سلسلة إلى وحدة بناء جزيئية مشابهة لها، فسوف تتكون نسخة من السلسلة الأصلية وبها جديلتان ملتصقتان ببعضهما، وبذلك تصبح كل سلسلة قالباً أو نموذجاً لنسخة جديدة مطابقة لذاتها. فإذا ما انفصل بعد ذلك زوج من السلاسل المرتبطة فيما بينها برباط ضعيف، فيمكن أن تصبح كل سلسلة فردية مسئولة عن استنساخ نسخة أخرى مطابقة، وتستمر عملية النسخ إلى أن ينفد إمداد وحدات البناء الجزيئية.

ويمثل هذا النسخ للسلاسل الجزيئية فى جوهره سلوكاً جينياً . فالجينات هى عبارة عن سلاسل من أربع وحدات بناء أساسية (الأحماض النووية nucleic acids)، وصف طبيعة تركيبها (الحلزونى المزدوج the double helix) العالمان واطسون[1] Watson وكريك[2] Crick فى عام ١٩٥٣، وهى تعد من سلاسل التدخلات الناجحة فى البيولوجيا، والتى قام بها الكيميائيون والفيزيائيون.

التطور

ولا مفر، كما هو الحال فى أية عملية تناسخ، أن تحدث أخطاء عَرَضيَّة، وبالتالى تحدث تغيرات طفيفة عن التركيبة الأم. وإذا كانت هذه التغيرات أكثر ثباتاً فى ظل الظروف السائدة، فهذا يعنى أن تغيراً بالصدفة قد نشأ عند سلسلة جزيئية معدلة أكثر ملاءمة مع الوضع الجديد . وتعد هذه العملية البسيطة كافية، فى ظل العصور السحيقة المنقضية منذ أن تكونت الأرض، لتكوين صورة عن كيفية حدوث التطور.

وكنتيجة لهذه العملية التطورية (أو قد نتصورها هكذا)، أصبح الجزىء المتناسخ هو الحمض النووى الريبى المنقوص الأكسجين (الذى يطلق عليه د.ن.أ)، والذى يشكل جينات

---

(١) جيمس واطسون (١٩٢٨–): عالم وراثة أمريكى، ولد فى شيكاغو. ساعد على اكتشاف التركيب الجزيئى لمادة الـ د. ن. أ ونال بسببه جائزة نوبل عام ١٩٦٢ بالمشاركة مع كريك. [المترجم]

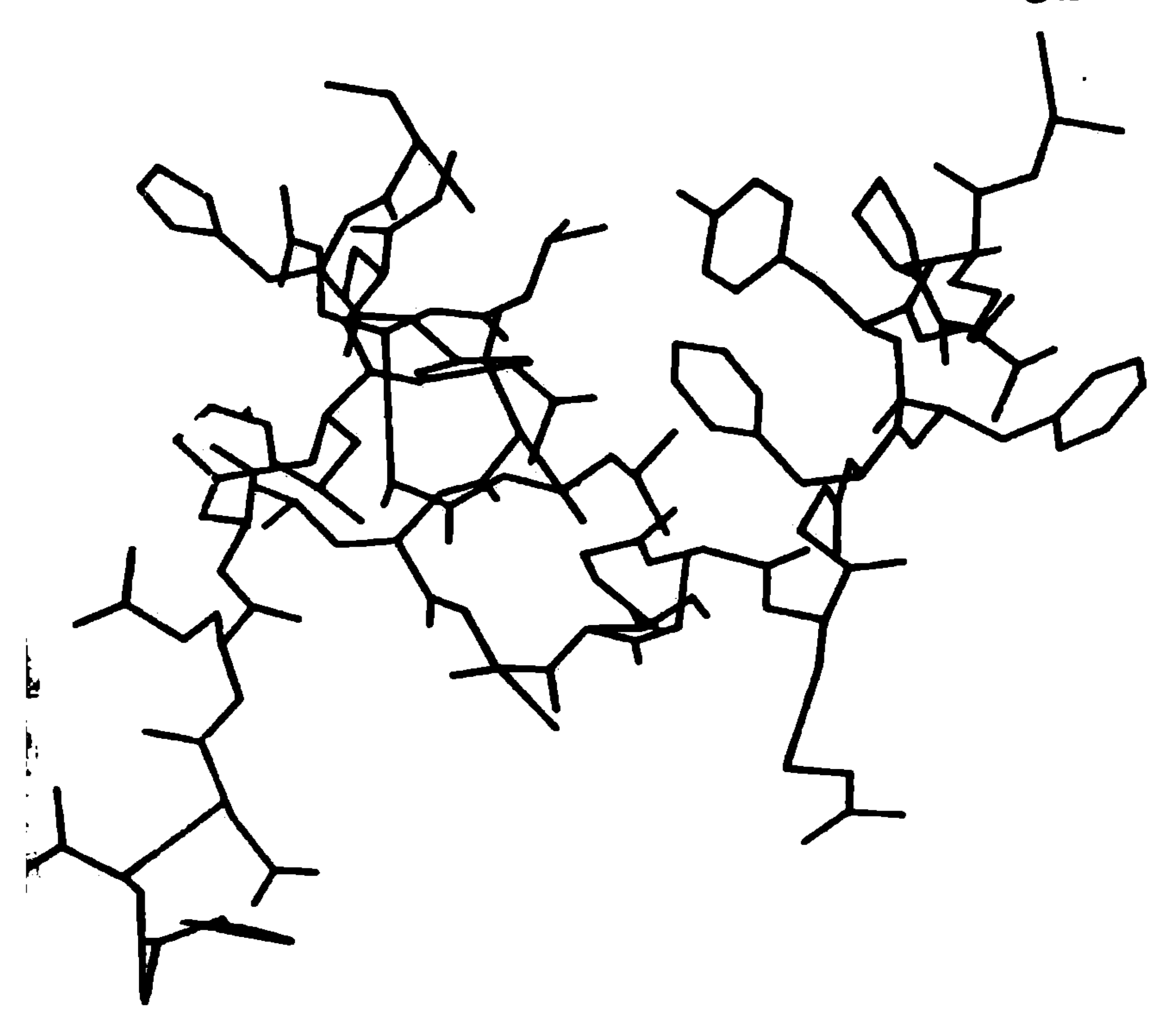
(٢) فرانسيس كريك (١٩١٦–): كيميائى طبيعى بريطانى، ولد فى نورثامبتون، واشترك مع واطسون فى إنشاء نموذج جزيئى لمادة الـ د.ن.أ الوراثية المعقدة؛ واقترح فى عام ١٩٥٨ أن د.ن.أ يحدد تسلسل الأحماض الأمينية فى عديد الببتيد. وشارك واطسون فى الفوز بجائزة نوبل. [المترجم]

الكائنات العضوية الحالية: لقد تطورت الأجهزة العضوية التى يمكن اعتبارها آلات حياتية لصالح هذه الجزيئات الجينية. ويمكن فهم الكثير عن التطور من خلال الجزىء المتناسخ أو الجين المجهز بالقدرة على التلاؤم لضمان بقائه. فعبارة البقاء للأصلح تثير السؤال: ما الأصلح؟ ولا تكمن الإجابة فى النوع الأصلح أو الحيوان الفرد الأصلح، وإنما الكيمياء تقول بأن المعنّى بالأصلح هو الجين. ويتبنى علماء الوراثة كذلك وجهة النظر هذه، وأصبحت عبارة الجين الأنانى مجرد عبارة قديمة لا وزن لها .

يتركب شريط الـ د.ن.أ من عدد غير محدد من جزيئات صغيرة، مرتبة وفقاً لنظام معين، وتنقسم هذه الجزيئات إلى أربعة أنواع، وهى تسمى عادة قواعد. ويعد جزىء الـ د. ن. أ بمثابة الشفرة المتحكمة فى تصنيع بروتينات الخلايا الحية، حيث تقرأ قائمة القواعد على أنها الشفرة المكونة لوحدة بناء البروتين. أما البروتينات ذاتها فهى عبارة عن سلاسل أحادية البعد، وتحتوى كل حلقة فى سلسلة البروتين على واحد من عشرين جزيئاً من نوع يسمى «حمض أمينى» (وهو يعد وحدة البناء البروتينى) . وإذا افترضنا أن عدد أنواع الأحماض الأمينية مقصور على أربعة فقط ، فستكون الشفرة الوراثية للـ د.ن. أ أحادية: أى أن كلاً من قواعد الـ د. ن. أ الأربع سيحدد حمضاً أمينياً واحداً فقط . أما إذا كانت الشفرة الوراثية للـ د. ن. أ ثنائية (أى أن كل زوج من القواعد المكونة لشريط الـ د. ن. أ يحدد حمضاً أمينيًا واحداً) ، فيصبح عدد الاحتمالات الممكنة هو ٤×٤=١٦ نوعًا مختلفًا من الأحماض الأمينية. وأما إذا كانت الشفرة ثلاثية (أى أن القواعد تشكل ثلاثيات، وكل ثلاثية تحدد حمضاً أمينيًا واحداً) ، فينتج عن ذلك ٤×٤×٤=٦٤ اختياراً للأحماض الأمينية، مما يكفى ويزيد لتكوين الأحماض الأمينية العشرين المكونة للبروتين. وبالتالى، فإن الثلاثيات المتوالية للقواعد هى التى تحدد وتغطى كل الأنواع العشرين للأحماض الأمينية. ريماثل هذا النمط فى جوهره فى جميع النظم الحية، سواء كانت فيروسات أو بشراً. وهناك ميل لوصف الفيروسات بأنها كائنات بسيطة، واعتبار أنفسنا كائنات أعلى، لكنه على الصعيد التطورى ظلت الجزيئات المتناسخة فى كل من الكائنات البسيطة و«الأعلى» باقية حتى وقتنا الحاضر. وقد عرفت الكائنات العضوية «الأعلى» الاتصال الجنسى ومارسته كوسيلة لخلط الجينات، فكان لذلك أثره فى تجنب بعض عيوب تناسخ الصفات التالفة. ولكن بالنسبة لجميع أشكال الحياة، كان الجزىء التناسخى هو سبيل الانتقال إلى الأجيال التالية، وكانت هذه السلسلة من الجزيئات التناسخية هى المتحكمة فى إنتاج أهم الجزيئات جميعاً، وهى البروتينات.

البروتينات

البروتينات هى الجزيئات التى تقوم بمعظم الوظائف التى تتطلبها الخلايا الحية والكائنات العضوية. ويمد الـ د.ن.أ الجينات بمخطط يحدد تسلسل الأحماض الأمينية التى تصنع البروتين، كما هو موضح بشكل ٩ . ويحدد سلفاً، التسلسل الحقيقى لهذا المخطط، الطريقة التى ستنطوى بها كل سلسلة بروتينية طويلة. ولبعض الأحماض الأمينية قابلية للذوبان فى الماء؛ والبعض الآخر يتوقاها، ويجعل السلسلة تنطوى فى شكل كُرَوِىّ تحتمى فيه بعض أجزاء السلسلة من الماء الذى يحيط بالبروتين فى أى خلية حية. وهذه الأشكال البروتينية ثلاثية الأبعاد، هى أبعد ما تكون عن العشوائية، وهى مصممة لإتمام مهام معينة على المستوى الجزيئى.



شكل (٩) التركيب المطوى لسلسلة بروتين الأنسولين

وتوفر الجزيئات البروتينية آلية تركيب الحيوانات والنباتات، وتشكل الجانب الأعظم من هذه التركيبات. ولبعض البروتينات وظيفة هدم بروتينات أخرى - كما يحدث فى التفاعلات الكيميائية أثناء هضم الطعام. والبعض منها الذى يطلق عليه إنزيمات enzymes يستخدم فى تحويل الجزيئات من صورة إلى أخرى، مخلقاً مواد جزيئية تستخدمها كيمياء الجسم. وتعمل بروتينات أخرى كذلك كمنظِّمات regulators فى إنتاج المواد الكيميائية، أو فى حمل الأكسجين فى الدم من القلب إلى جميع أعضاء الجسم.

ولما كانت هذه العمليات الأساسية ذاتها موجودة فى كل النظم الحية، فإن البروتينات التى تؤدى هذه العمليات تميل إلى أن تكون متشابهة، ولكن قد تكون هناك بعض التغيرات الطفيفة من نوع لآخر. وكلما كانت الأنواع أكثر تشابهاً، كانت بروتيناتها أكثر تقارباً فى تركيبها. وبهذه الطريقة، يمكن أن نرى على المستوى الجزيئى، كيف كان التطور مصحوباً بتغيرات بطيئة فى بعض الأحماض الأمينية الموجودة فى السلاسل البروتينية.

فإذا نظرنا إلى بروتين معين فى الحصان وفى الحمار، على سبيل المثال، فلن نجد إلا تغيراً طفيفاً فى حمض أمينى واحد من بين عدة مئات من الأحماض الأمينية المتماثلة فى النوعين. وعلى ذلك،فالحصان والحمار متقاربان جداً من الناحية التطورية - ويمكنهما بالفعل أن يتزاوجا ويتناسلا - ومن الممكن حقن بروتين أحدهما فى بروتين الآخر دون حدوث أى ضرر، حيث إن حقن البروتينات الغريبة بين الأنواع الأكثر تباعداً يحدث ضرراً من قبيل رفض العضو، على سبيل المثال. وعلى ذلك، فإن عملية زرع الكُلَى بين توءمين أو فردين وثيقى الصلة ببعضهما، تفوق فى احتمالات نجاحها عملية الزرع من فرد لآخر لا تربط بينهما صلة دم. ويمكن فهم الاختلافات الحقيقية بين الناس فى بعض الحالات من خلال المفاهيم الجزيئية، كما فى فئات الدم.

الأمراض الجزيئية

من شأن أى تبادل أو تغير فى تسلسل رسالة جينية ما للـ د.ن.أ، أن يحدث تغيراً فى أحد الأحماض الأمينية فى البروتين الذى يشكل الـ د.ن. أ شفرته الإرشادية. ولقد كان ذلك على وجه التحديد هو أساس التطور على مر الزمن. ورغم أن بعض التغيرات تعد ضارة، فإنها تكون أقل خطورة فى البشر (أو فى أى كائن حى آخر يتناسل بطريقة جنسية)، لأنه من خلال نسختين من كل جين (نسخة من الأب ونسخة من الأم)، ومن خلال بديل واحد فقط يعبر عنه فى تكوين الجزىء البروتينى، فهناك احتمال كبير ألا ينتقل التأثير المتلف إلى

النسل . ولكن إذا كانت كلتا نسختي الـ د.ن.أ تنطويان على نفس العيب البروتيني، فسوف يرث الشخص سيئ الحظ مرضاً جينياً أو جزيئياً. وتعد الهيموفيليا (سيولة الدم) أحد الأمثلة الواضحة على ذلك؛ وقد سبب هذا المرض مشاكل خطيرة للأسر الملكية الأوروبية، نظراً لاتجاه الملوك والأمراء الى الزواج من بنات الأسرة نفسها.

وقد جرت بوجه خاص دراسة هذا النوع من المشكلات فى حالة الهيموجلوبين، ذلك البروتين الذى يحمل الأكسجين فى مجرى الدم. فحدوث أى تغير فى حمض أمينى قد ينشأ عنه التصاق جزيئات الهيموجلوبين ببعضها، مما يسفر عن اختلاف ملحوظ فى خلايا الدم وينتج عنه المرض المسمى بفقر الدم المنجلى sickle-cell anaemia . وهناك تغير جينى مشابه يسبب عيباً آخر لجزيئات الهيموجلوبين ويحدث أمراضاً خطيرة، مثل الثلاسيمية thalassaemia (فقر الدم البحرى) .

ولما كانت جزيئات الـ د.ن.أ التى تشفر عن جزيئات بروتينية شاردة، تنتقل من جيل إلى جيل، فإن حالات حدوث هذه الأمراض الجزيئية تكون محدودة الانتشار. فمرض فقر الدم المنجلى، على وجه الخصوص ينتشر بين الزنوج، بينما ينتشر مرض الثلاسيمية بين أبناء الشرق الأوسط. ومن المحتمل أن تكون الخصائص قد ظلت باقية، لأنه رغم كونها مؤذية (أو ليست الأصلح)، فربما تكون وفرت نوعاً من المقاومة لبعض الأمراض، مثل الملاريا .

استغلال التطور

والآن، وبعد أن فهمنا هذه الأمراض الوراثية على المستوى الجزيئى، فمن المغرى أن نحاول استخدام معرفتنا من أجل تخفيفها أو منعها. ويتمثل الأسلوب الأيسر لإجراء ذلك،في استخدام العقاقير التى من شأنها، فى حالة فقر الدم المنجلى مثلاً أن تمنع جزيئات الهيموجلوبين من الالتصاق ببعضها. ويجب أن تكون جزيئات مثل هذه العقاقير صغيرة وقادرة على الارتباط بجزيئات بروتينية أكبر، فتمنع اتحادها.

وتعد الوقاية من السبل الممكنة كذلك لدرء المرض، حيث يمكن أخذ عينة من بعض الجزيئات البروتينية المهمة من رحم امرأة حامل بواسطة إبرة رفيعة، واختبارها لمعرفة ما إذا كان الجنين قد ورث المرض أم لا (فى حالة وجود احتمال لإصابة الجنين بالمرض، وذلك من خلال معرفة تاريخ أسرته) . وعلى أساس هذه المعرفة، يمكن اتخاذ قرار إجهاض الجنين من عدمه.

وهذا هو المثال الأول من بين الأمثلة العديدة فى هذا الكتاب، التى توضح أن معرفة ما يحدث على المستوى الجزيئى، تؤدى بصورة مؤثرة وبسيطة إلى حدوث تبعات اجتماعية وأخلاقية واقتصادية عميقة. والخلاصة، هى أن اختلاف حمض أمينى واحد من ٥٧٤ حمضاً أمينياً فى جزىء الهيموجلوبين عن الخصائص الطبيعية، يمكن أن ينتج عنه إجهاض الجنين.

وقد طرأ مزيد من التداخل والتشابك مع نظرية التطور، مع ظهور ما يسمى بالهندسة الوراثية. فقد توصل العلماء إلى أنه من الممكن قطع أطوال من الرسالة الوراثية للـ د.ن.أ لأحد الأنواع وإدخالها فى الشفرة الوراثية لنوع آخر. وحتى الآن، يقتصر استخدام هذا الأسلوب على حمل البكتيريا لتصنيع بروتينات خارج طورها الطبيعى؛ وقد فتح ذلك المجال للإمكانية المثيرة المتمثلة فى استخدام البكتيريا، على سبيل المثال، لإنتاج الإنسولين المطلوب لمرضى السكر. فمثل هؤلاء المرضى لا يمكنهم إنتاج بروتين الإنسولين بمقادير كافية ، ولذا يضطرون إلى حقن أنفسهم بالإنسولين المستخرج من الأغنام، وهو إنسولين مشابه للإنسولين الذى تنتجه أجسامهم، ولكنه ليس مطابقاً له. فإذا توافرت للبكتيريا المنتخبة الجينات الملائمة التى تجعلها تصنع إنسولينا بشرياً، فسوف تقل المشاكل التى تواجه مرضى السكر.

وإذا كان هذا التقدم يفتح مجالات تنطوى على احتمالات مهمة تجارياً، فإنه يُواجَه أيضًا ببعض المسائل الأخلاقية والاجتماعية. فإن لم يكن الإنسان بالفعل طاقة خلاقة، فستنشأ صور جديدة من الحياة، وقد يستغل فيها التطور. لكن ربما تكون هذه هى طبيعتنا.

نشاط بحثى

لقد نجح الكيميائى (أو إذا توخينا الدقة الكيميائى الحيوى والبيولوجى الجزيئى) فى أن يبتدع طرقاً لتحديد تسلسل وحدات بناء الحمض النووى للـ د.ن.أ، وإما بصورة مستقلة أو كنتيجة لذلك استطاع أن يستنبط التسلسل الخطى للأحماض الأمينية فى السلاسل البروتينية. وهذا البحث ذو صلة على وجه الخصوص بكيميائى كامبردج فريدريش سانجر[٣] Fredrich Sanger، الذى فاز بجائزتى نوبل. غير أن معرفة التسلسل الخطى للأحماض الأمينية الموجودة فى جزىء بروتينى لا تعتبر كافية لتحديد الشكل الإجمالى ثلاثى الأبعاد للسلسلة

(٣) فريدريش سانجر(١٩١٨–) : كيميائى حيوى بريطانى،كشف عن التسلسل الكامل للواحد والخمسين حمضاً أمينياً فى الإنسيولين، ولهذا السبب حصل على جائزة نوبل فى الكيمياء عام ١٩٥٨ . [المترجم].

الحلزونية . ويعتبر هذا الشكل جزءاً أساسيًا من آلية البروتين،إذا كان على سبيل المثال، إنزيماً. ولا تزال محاولة التنبؤ بتركيبة ثلاثية الأبعاد من تسلسل أحادى البعد مشكلة لم تجد حلاً.

وحيث إنه لا يمكن التنبؤ بتركيب جزيئات ثلاثية الأبعاد مثل البروتينات، فإنه يجرى استخدام الطريقة التجريبية بأساليب أكثر دقة لاستخراج المعلومات. وكانت طريقة دراسة البلوريات باستخدام الأشعة السينية من الطرق الناجحة، غير أن طرقاً أحدث مثل، مطيافية الرنين المغنطيسى النووى nuclear magnetic resonance spectroscopy (التطبيق العملى للكيمياء)، توفر حالياً إسهامات كبيرة فى هذا المجال.

وقد تمت دراسة السلاسل المكونة من قواعد الأحماض النووية ومن الأحماض الأمينية، بصورة مكثفة واستوعبت بشكل جيد. ويوجه الاهتمام حالياً بصورة متزايدة إلى مجموعة ثالثة من الجزيئات البيولوجية الكبرى (الجزيئات المحتوية على عدد كبير جداً من الذرات)، وهى عديدة السكريدات polysaccharides. وهى تتكون من سلاسل جزيئات سكر أحادية، وتلك الأخيرة تعتبر حلقات صغيرة من ذرات الكربون والأكسجين. ولعديدة السكريدات خصائص تركيبية مهمة فى البيولوجيا؛ وبالنسبة للكيميائى، فإن لها روعة إضافية، لأنه بالإضافة إلى أن لديها سلاسل طولية بسيطة، فقد يحدث بها تفرعات تفسح المجال لفئة جديدة كاملة من التركيبات الممكنة ثلاثية الأبعاد، التى تشبه الشبكات أو الأقفاص.

كانت إسهامات الكيميائيين فى البيولوجيا إسهامات ناجحة، لدرجة أن أصبح هناك تغير محسوس فى توجه كثير من الأبحاث الكيميائية - نحو مشاكل البيولوجيا.

التماثل فى الكيمياء

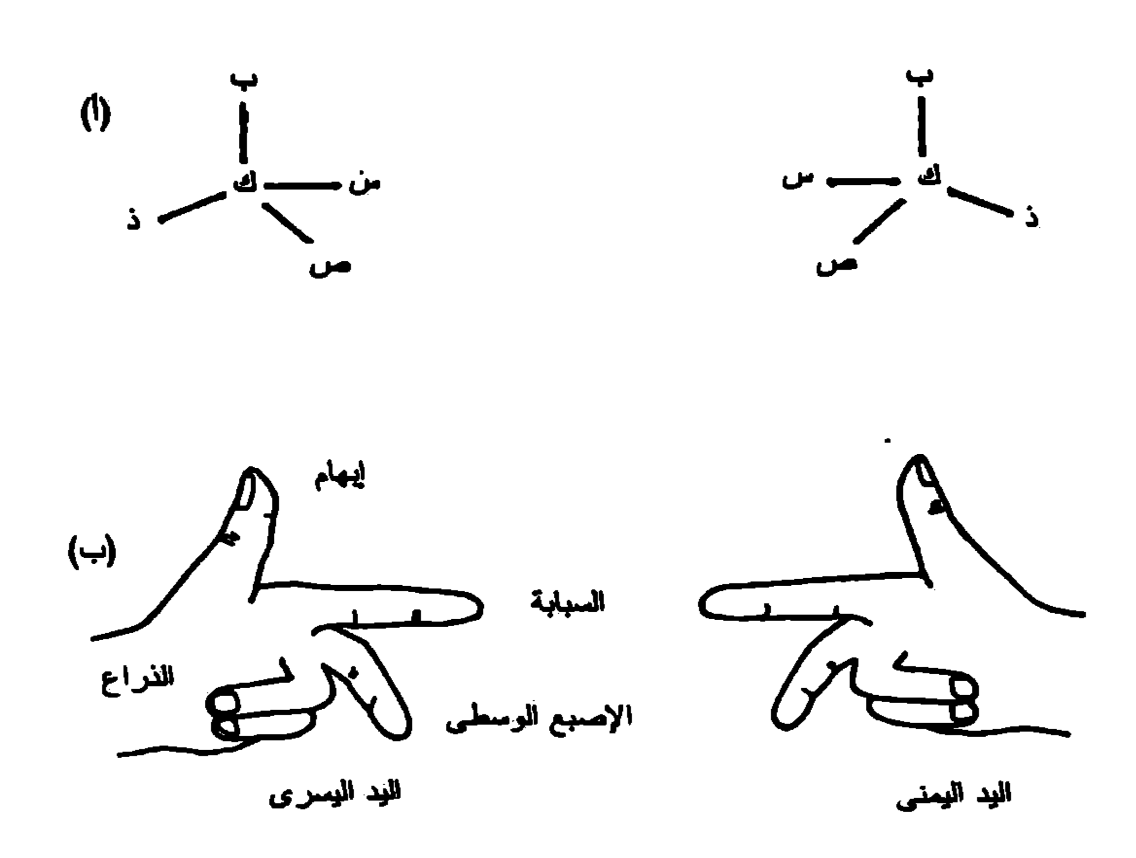
الكيمياء بشكل عام، هى موضوع بحثى واقعى، بل إنها موضوع مادى بحت. وغالباً ما تنشأ المشاكل البحثية استجابة لبعض الحاجات . فقد تكون هناك حاجة لمادة ذات خاصية جديدة، كصبغة لا تزول ، أو إناء لا ينصهر. وعلى أى الأحوال، يضطر الكيميائيون إلى الانشغال بالمشاكل الأساسية والعويصة، التى تقع فى صميم العلم وتسود كل فروع الدراسات. ومن أحد الأمثلة الواضحة على ذلك، مسألة التماثل. فهذا الموضوع يقابلنا فى كل مستويات العلم، بدءاً من البيولوجيا وحتى الفيزياء الأساسية. فالبشر متماثلون تقريباً (أى أن النصف الأيمن من الجسم يماثل النصف الأيسر)، فى حين يقع القلب بالجهة اليسرى ، ويستعمل معظمنا يده اليمنى. وغالباً ما تلتف بعض النباتات دائماً ناحية اليسار، بينما تلتف نباتات أخرى دائماً ناحية اليمين، فهذه الخصائص البيولوجية ليست خصائص عشوائية.

وقد توجد الجزيئات بأشكال متكافئة، لولا حقيقة أنها تعتبر صوراً مرآوية من بعضها البعض - بمعنى آخر، أنه توجد جزيئات يمينية وجزيئات يسارية. وتعتبر «اليدوية» Hand-edness إحدى سمات فرع مهم من فروع الكيمياء، يعرف بالكيمياء المجسمة Stereo-chemistry (دراسة توزيع ذرات الجزيئات فى الفراغ)، وتكمن أهميتها فى أنه غالباً ما يكون لمواضع الذرات فى جزىء ما (التوزيع الفراغى للجزىء) تأثير قوى على كيفية تفاعل ذلك الجزىء (آلية تفاعله)، وعلى السرعة التى يتفاعل بها (معدل تفاعله).

الجزيئات اليمينية والجزيئات اليسارية

يمكن وصف العديد من الجزيئات، وبخاصة الجزيئات العضوية (أو تلك المحتوية على ذرات الكربون)، بأنها إما جزيئات يسارية أو جزيئات يمينية. وحتى فى الجزيئات البسيطة

جداً، هناك احتمالية لوجود اليدوية. وغالباً ما تتحد ذرة الكربون مع أربع ذرات أخرى أو مجموعات من الذرات رباعية الشكل ثلاثية الأبعاد، كما هو مبين فى (شكل١٠).



شكل (١٠) ذرة الكربون عندما تتحد مع أربع مجموعات أو ذرات مختلفة

(أ) يتحد الكربون الرباعى مع أربع مجموعات مختلفة، تسمى (ذ) الذراع و(ب) الإبهام و(س) السبابة، و(ص) الإصبع الوسطى، فى الصورتين الضوئيتين.

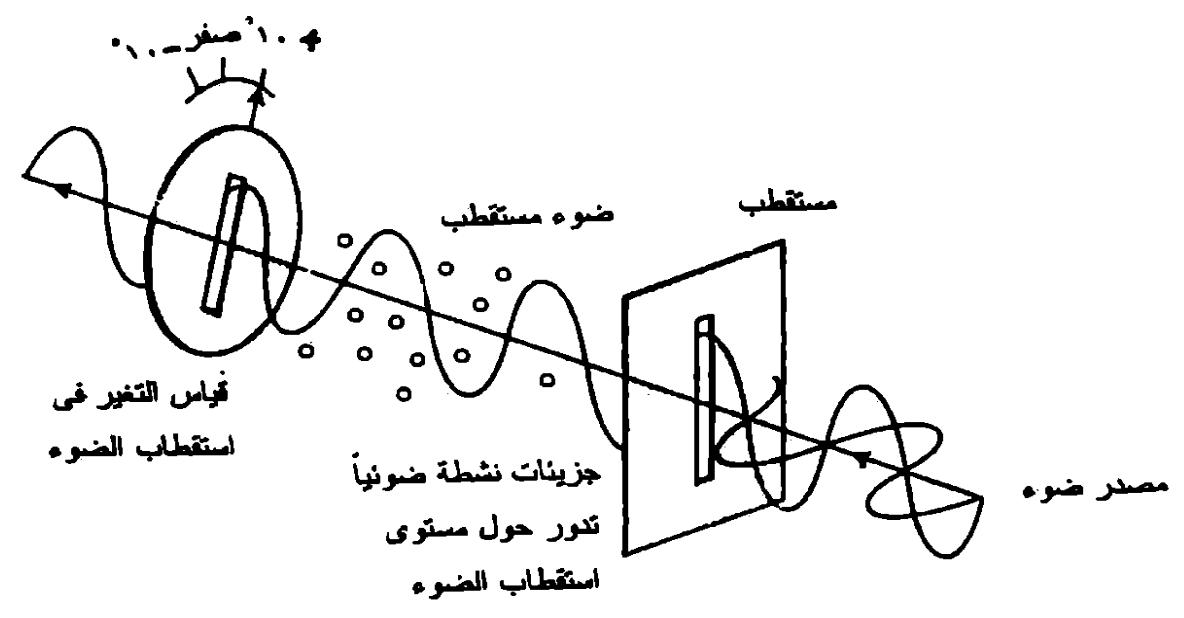
(ب) الأشكال المشابهة فى اليدين اليمنى واليسرى.

فإذا كانت المجموعات الأربع المرتبطة بذرة كربون جميعها مختلفة، فيمكن أن تترتب إما بطريقة يسارية أو بطريقة يمينية. (ويماثل هذا التأثير الوجهين الأيمن والأيسر للشكلين الرباعيين المكونين من الذراع، والإبهام، والسبابة، والإصبع الوسطى فى اليدين). فإذا كانت هناك مجموعتان متماثلتان، فإن أية ترتيبة معينة، لابد أن تكون مطابقة لصورتها المرآوية، ولا يمكن وصفها بأنها يسارية أو يمينية (انظر شكل ١١). وعندما تجرى فى

المعامل العادية عملية تخليق مركبات ذات أنماط يسارية ويمينية، وهى عملية تشمل عدة ملايين من الجزيئات من أجل الحصول على كميات محسوسة، تكون المحصلة هى إنتاجاً متساوياً من جزيئات يسارية ويمينية. وفى المقابل، فغالباً ما توجد الجزيئات فى الطبيعة من نوع واحد فقط. فحمض الطرطريك مثلاً، الناتج من عملية التخمر، يتخذ صورة واحدة فقط من الصورتين المرآويتين، بينما تتكون كلتا الصورتين بمقادير متساوية فى التخليق المعملى.

وتعد الخصائص الحقيقية للنمطين اليمينى واليسارى لنفس الجزىء متطابقة فى معظم الوجوه: نفس الوزن، ونفس التفاعلات الكيميائية. ومع ذلك، فهناك اختلاف ملحوظ فى مسلكها نحو الضوء المستقطب (انظر شكل ١٢). فالضوء يتكون من موجات تتذبذب فى ثلاثة أبعاد، ويرتهن لون الضوء بالطول الموجى لهذه الموجات أو بترددها. ومن الممكن بواسطة مستقطب (مثل نظارات البولارويد الشمسية)، تخليق موجات ضوئية تتذبذب جميعها فى مستوى واحد فقط. وعندما يمرر هذا الضوء المستقطب خلال مادة تحتوى على جزيئات ذات يدوية واحدة فقط، فإن مستوى استقطابه يدور طفيفاً فى اتجاه تلك اليدوية. ويرجع ذلك إلى تولد تفاعل بين المجال الكهربى للضوء والشحنات الكهربية الموجبة للنوى الذرية والإلكترونات السالبة فى الجزيئات. ويميل التفاعل إلى تغيير مستوى مسار الضوء، بحيث يميل هذا المستوى إما يميناً أو يساراً بحسب نوع اليدوية. أما إذا كانت المادة التى يمرر الضوء خلالها خليطاً مصنوعاً فى المعمل من جزيئات يمينية وجزيئات يسارية، فلن يدور مستوى الاستقطاب، حيث يعمل نصف الجزيئات على استمالة الضوء فى اتجاه عقارب الساعة، بينما يعمل نصفها الآخر على استمالته فى عكس اتجاه عقارب الساعة.

شكل (١١) الجزىء ك أ٢ ب د. لا يشكل تماثلاً مرآوياً



شكل (١٢) توضيح تخطيطى لقياس الدوران الضوئى.

باستير والجزيئات اليدوية

كان أحد إسهامات لويس باستير[١] العديدة الرائعة فى العلم هو اكتشافه ـ المبنى على أساس دراسته لحمض الطرطريك ـ لوجود خاصية اليدوية فى الجزيئات. فمن شأن حمض الطرطريك الطبيعى أن يستميل الضوء المستقطب، ويوصف بأنه من الأحماض النشطة ضوئياً؛ أما خليط الصور اليمينية واليسارية لحمض الطرطريك المحضر معملياً، فهو ليس نشطاً ضوئياً، رغم أنه يماثل الحمض الطبيعى فى كل الخصائص الأخرى. وكانت تجربة باستير على النحو التالى: صنع باستير بلورات من كلتا صورتى الحمض، ووجد أن البلورات تعكس يدوية جزيئاتها الذاتية. واكتشف باستير أن جميع البلورات المتكونة من حمض طرطريك العنب تتسم بيدوية واحدة، أما بلورات المزيج المعملى غير النشط ، فهى تنقسم إلى عدد متساوٍ من البلورات من الصورتين، تدير إحدى الصور الضوء مثل المركب الطبيعى، بينما تديره الأخرى بنفس درجة الميل ولكن فى الاتجاه المعاكس. وقام باستير بفصل نوعى البلورات بواسطة ملقاط صغير وعدسة مكبرة. وقد تم التوصل بعد ذلك إلى أساليب معملية أكثر تعقيداً لفصل الجزيئات غير المتماثلة إلى صور يمينية ويسارية.

---

(١) لويس باستير (١٨٢٢ ـ ١٨٩٥) : كيميائى وميكروبيولوجى فرنسى، ولد فى دول، أثبت أن التعفن والتخمر كانا بسبب كائنات عضوية دقيقة، وفى عام ١٨٨١ ، أوضح أن الأغنام والأبقار المحصنة بعصويات الجمرة الخبيثة الموهنة تحصل على مناعة ضد المرض. [المترجم]

وفى وقت لاحق، اكتشف باستير أنه عندما يجعل عفناً نباتياً معيناً ينمو فى محلول من حمض الطرطريك يحتوى على خليط من النوعين، فإن العفن لا يستخدم إلا صورة واحدة من الصورتين؛ ونتيجة لذلك، يصير المحلول نشطاً ضوئياً. رأى باستير أهمية كبيرة لهذه الحقيقة. فلما كان الكائن العضوى، أى العفن، لا يختار سوى شكل واحد من شكلى الصور المرآوية لحمض الطرطريك، فلابد أنه متكون من جزيئات متماثلة ذات يدوية واحدة. ثم مضى إلى وضع نظرية مفادها أن مسألة التفضيل هى ظاهرة عامة وطريقة للتمييز بين مادة غير حية ومادة إما تكون أو كانت حية. وأكدت الأبحاث التالية وجهة نظر باستير. ومن ثم يمكن استخدام هذه الحقيقة، وهذا ما يجرى بالفعل حالياً للإجابة عن الأسئلة المتعلقة بوجود الحياة فى كواكب أخرى. فقد تعود رحلات استكشاف الفضاء حاملة عينات من الصخور من المريخ أو الزهرة. وقد تستخرج من هذه المواد جزيئات محتوية على الكربون. وإذا كانت لهذه الجزيئات طبيعة غالبة يسارية أو يمينية ، فسوف يستنتج العلماء بأن الحياة قائمة أو كانت موجودة على سطح الكواكب. وحتى الآن لا توجد دلالة قاطعة، لأنه على الرغم من أن بعض الجزيئات العضوية التى وجدت بالشهب هى ذات يدوية واحدة فقط (ومن ثم تعتبر من أصل عضوى) ،فقد تكون هناك ملوثات أرضية.

جزيئات مرآوية فى الطبيعة

ترتبط الوظيفة الأكثر وضوحاً لسمة اليدوية بمسألة توافق الأشكال، على نحو توافق الأيدى والقفازات. ويمكننا أن نتصور «قفازاً جزيئياً» لا يقبل إلا جزيئاً يسارياً أو جزيئاً يمينياً فقط. ومن الناحية الفسيولوجية، نحن نستطعم جزيئات معينة إذا توافقت مع جيب جزيئى معين صمم ليتعرف على شكل معين . ومن شأن الجزيئات التى تتواءم مع جزىء مستقبل للطعم، أن تثير رد فعل ، يتعرف عليه المخ بأنه مذاق؛ أما الجزيئات التى لا تتواءم مع هذا الجزء الحساس فلا يتعرف عليها المخ. وتتسم الصورة اليمينية من الحمض الأمينى المعروف باسم فينيل ألانين بأنها حلوة المذاق، فى حين أن صورته اليسارية لاذعة . وعلى العكس من ذلك، فالصورة اليمينية من الحمض الأمينى فالين valine تتسم بطعم لاذع، فى حين أن مذاق صورته اليسارية حلو. وإحدى صور الجلوكوز glucose حلوة، بينما صورته المرآوية مالحة.

ويأتى تأثير كثير من العقاقير عن طريق تفاعلها أو تواؤمها مع جيوب جزيئية معينة مصممة لتقبل جزيئات توصل نبضات عصبية، أو تحفز على إفراز هرمونات بعينها. وكما

سنرى فيما بعد، فغالباً ما تعطل جزيئات العقار هذه جيوب الاستقبال . ومرة أخرى، فقد يكون للصور اليمينية أو اليسارية لعقار معين تأثيرات مختلفة بصورة غريبة، لأن أحد الأشكال قد يناسب الجيب الجزيئي بصورة أفضل من صورته المرآوية. ويعتبر الأمفيتامين amphetamine مثالاً لذلك، حيث تحدث إحدى صوره تأثيراً، بينما لا تحدث صورته الأخرى أي تأثير. وفيتامين (C) لا يكون له تأثير إلا في صورة مرآوية واحدة، فتناول جرعات من جزيئه ذي الصورة المرآوية العكسية لن يمنع مرض الأسقربوط بالطريقة التي يمنعه بها الجزيء الطبيعي الموجود في الفواكه الحمضية. والحقيقة، أن مسألة ارتباط صورة واحدة من شكل رباعي غير متماثل بمستقبل فسيولوجي - أو ما نطلق عليه اسم الجيب الجزيئي، وهو اسم مناسب - يؤدي إلى نتيجة مهمة للصناعة الدوائية، مفادها بأنه ينبغي أن تسهم ثلاثة أركان على الأقل من الشكل الرباعي في الارتباط حتى يتمكن المستقبل من التمييز وتحديد أية أفضلية. فإذا دخل ركنان فقط في الارتباط، فقد تلجأ الصور اليمنية واليسارية إلى الارتباط معاً.

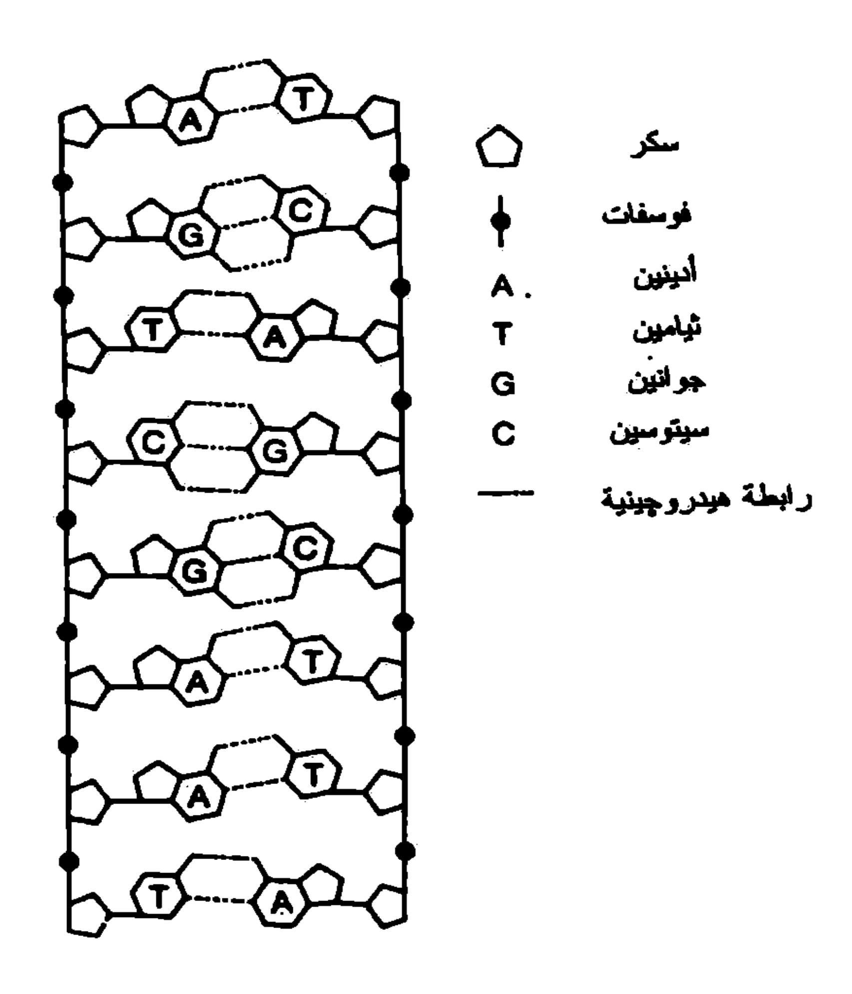
وحتى الجزيئات الصغيرة الموجودة بالأجهزة والكائنات الحية، فهي لا تتصف باليدوية فحسب، بل إنها لا توجد إلا في صورة طبيعية واحدة. والأهم من هذا كله، فإن جميع الأحماض الأمينية التي تتكون منها البروتينات تتسم بأنها يسارية. ونحن لدينا بالفعل إنزيم في أكبادنا، من شأنه أن يدمر أية أحماض أمينية يمينية يتصادف أن تتخلق أو توجد بأجسامنا.

ومن الواضح، إن طبيعة الحياة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بتماثل الجزيئات التي تتكون منها الكائنات الحية. والسؤال المطروح الآن ، هو: لماذا تتكون كل صور الحياة من جزيئات ذات يدوية واحدة بعينها؟ ولا تزال هذه المشكلة بلا حل، على الرغم من التكهنات الكثيرة التي طرحت في هذا الشأن. وليست مسألة اليدوية مقصورة على وحدات البناء الجزيئية الصغيرة؛ وإنما هي تشمل كذلك جميع التركيبات المعقدة، المكونة من تلك الوحدات.

جزيء الوراثة - الـ د.ن.أ

الـ د. ن. أ هو جزيء الوراثة، وهو جزيء طويل يشبه الخيط أو الشريط وله يدوية محددة، ويظهر في صورة حلزون يميني من جديلتين (انظر شكل ١٣) . والحلزونات هي كالسلالم الحلزونية يمكنها الالتفاف جهة اليمين أو اليسار. وتتكون الشفرة الوراثية من الوحدات المتغايرة الأربع المسماة بالقواعد وهي: A وG وT و C (وهي الحروف الأولى من

جزيئات صغيرة تسمى أدنين وجوانين وثيامين وسيتوسين) - وهى ترتبط مع بعضها فى صورة ثنائيات فى الجديلتين. وكما ذكرنا من قبل، تشكل كل مجموعة مكونة من ثلاث قواعد متتالية من هذه السلسلة الشفرة الخاصة بحمض أمينى واحد من وحدات البناء العشرين (وحدات البناء هى الأحماض الأمينية التى تتكون منها البروتينات) . والعمود الفقرى للـ د. ن. أ هو عبارة عن شريط من الجزيئات من نوع السكر، المرتبطة ببعضها بواسطة جسر من مجموعات الفوسفات. ويجبر الحلزون على أن يكون يمينياً بسبب الشكل المميز الخاص لوحدة بناء السكر المتكررة فى السلسلة الطويلة. ويمكن اعتبار كل من وحدات البناء الفردية الصغيرة أو الحلقات فى السلسلة، جزيئات يمينية. ويلتف الـ د. ن. أ الحلزونى ذاته فى شكل ملف حلزونى، ولكن فى اتجاه يسارى - أو سوبر حلزون كما يطلق عليه أحياناً.



شكل (١٣) تركيب الـ د. ن. أ

ويقال بقدر كبير من التخمين، وبشيء قليل من الإثبات ، إن الملف الحلزوني للـ د.ن.أ ، قد يكون جزءاً رئيسياً من الآلية التى تتمايز بها الخلايا عن بعضها. والسؤال الذى يبحث عن إجابة، هو: كيف لا تعبر الخلايا إلا عن جزء واحد من الرسالة الوراثية التى تحملها فى الـ د.ن.أ الخاص بها؟ فعندما تنقسم الخلايا مستخدمة جديلتى الـ د. ن. أ المتضافرتين، تصبح لكل خلية وليدة رسالتها الوراثية الكاملة المتماثلة فى جميع الخلايا. ومع ذلك، فالبعض يصبح خلايا كبد، والبعض الآخر يصير خلايا مخ. كيف تفتح بعض قطاعات الـ د.ن.أ (الجينات) أو تغلق؟ والتفسير المطروح على نحو متزايد، هو أنه علاوة على أن حلزون الـ د.ن.أ يتخذ شكل الملف الحلزونى،فإن هذا الملف الحلزونى ذاته (السوبر حلزون) ، يكون شريطاً ملفوفا هو الآخر على هيئة حلزونية، ويعطى شكلاً يسمى سوبر سوبر حلزون. وفى الحلزون السوبر، لا يمكن أن تتناسخ إلا الأجزاء الملتفة بصورة غير محكمة، ويجرى التحكم عن طريق ضبط درجة عدم الالتفاف. ولا يمكن للجزيئات أن تمس بالأجزاء الملتفة بصورة محكمة، والتى تقرأ الشفرة من خلال الارتباط بالـ د. ن. أ.

وإذا ما التحم طرفا الـ د.ن.أ الحلزونى، وكوّنا بذلك حلقة مغلقة (كما هو الحال فى الكائنات العضوية البسيطة، مثل البكتيريا) ، تصبح اللفات الحلزونية السوبر مقفلة تماماً مثل طية شريط موبيوس Mobius strip ، الذى يتكون عند أخذ شريط من الورق ولفه على هيئة حلزونية ثم توصيل طرفيه بعد ذلك. ويعتبر العدد الكلى للفات الحلزونية (n) واللفات السوبر حلزونية (N) عدداً ثابتاً (n+N) ، ولا يمكن أن يتغير هذا المجموع فى د.ن. أ الحلقى إلا إذا قطع الـ د. ن. أ أو تعرض للحز، بواسطة عامل خارجى، مثل الإنزيم. ويرمز للالتفاف اليمينى بعلامة موجبة لـ N أو (+n, +N) ، بينما يرمز للالتفاف اليسارى بعلامة سالبة للّفات (-n, -N).

ويتسم الحلزون السوبر للـ د.ن.أ بأنه يسارى (N سالبة أو أقل من الصفر) ، بينما الحلزون المزدوج هو يمينى (n موجبة أو أكبر من الصفر) . وعندما ينفك الحلزون المزدوج تتناقص قيمة n، بينما تقترب N من الصفر. ويعمل انفكاك الحلزون السوبر على تعجيل انفكاك الحلزون المزدوج عند بعض النقاط ، مما يجعلها على استعداد لأن تنصاع للشفرة الوراثية. وإذا استخدمت الإنزيمات لخلخلة إحكام لفات د.ن.أ السوبر، تتغير سرعة التناسخ. وعلى ذلك، يمكن التحكم فى تمايز الخلايا من خلال تعريض بعض من الجينات، وذلك عن طريق ضبط الالتفاف السوبر.

ومن ثم، يكون من شأن الالتفاف السوبر المفرط أن يقلل اللف الحلزوني الذي يمكن أن تَتشكل إليه العديد والعديد من الجينات - وهي آلية محتملة لنمو الخلايا السرطانية .

وفي الكائنات الحية الراقية، التي لا يكون فيها الـ د.ن.أ حلقياً، ولكن في صورة سلسلة من اللفات، تكمن اللفات السوبر في كل لفة، مع احتمال أن تتحكم الإنزيمات في درجة الالتفاف السوبر. والسمة الملفتة لهذا التشكل، هي أنها توضح كيفية تمايز الخلايا طالما كانت درجة الالتفاف السوبر موروثة في الخلايا الوليدة، حيث يمكن قراءة بعض أجزاء من رسالة الـ د.ن.أ، بينما تظل قطاعات أخرى مدفونة؛ ولا يمكن قراءتها.

وثمة تفسير مثير يتعلق بكيفية ضبط الالتفاف السوبر، وهو يقوم على فكرة الحلزون اليساري للـ د.ن.أ ، والذي يتسم بطبيعة الحال بلفات سالبة. وهذه الصورة من الـ د.ن.أ يمكن تخليقها معملياً، لكنها اكتشفت كذلك في نقاط معينة في الـ د.ن.أ اليميني لذبابة الفاكهة. فإذا استطاع الكيميائيون أن يعملوا على إكساب قطاع من الـ د.ن.أ اتجاهاً يسارياً، حينئذ لا مفر من أن يعدل الالتفاف السوبر (إذا ما أريد أن تظل N+n ثابتة) . ويمكن أن يقطع هذا التعديل الجينات في لفة معينة من لفات الـ د.ن.أ.

ولا تزال هذه الآليات بدون إثبات حتى الآن، لكنه بات من المؤكد أن تفاعل الحلزونات اليسارية واليمينية عامل مهم في الأسس الجزيئية للحياة.

أصول اليدوية الجزيئية

إن ما وصفه الكيميائي بونر Bonner من ستانفورد عن حق بأنه مثل لغز، هل الدجاجة جاءت أولاً أم البيضة، يكمن في السؤال أيهما جاء أولاً - الحياة أم استخدام الجزيئات ذات الصورة المرآوية الواحدة؟ هل تطورت الحياة، ثم أخذت الأمور تتدرج إلى أن انتهت إلى صورة واحدة من صور الجزيء، أم كان هناك تفضيل بين الجزيئات قبل أن تصل إلى ابتداع وسيلة التناسخ والتناسل والحياة كما نفهمها؟ من الواضح أنه بمجرد نشأة تفضيل لإحدى الصور المرآوية، فسوف يكون من شأن طبيعة التناسل أن تجنح إلى الاحتفاظ بهذا الخيار. وتسمى النظريات التي تقوم على فرضية أن الحياة جاءت قبل التفضيل الجزيئي بالنظريات الحيوية biotic theories، بينما تسمى النظريات التي تفترض أن الحياة نشأت عن اختلال كان قائماً بالفعل بين مجموعة الجزيئات على سطح الأرض البدائية، بالنظريات المضادة للحياة abiotic theories .

أما الفكرة الأبسط، ولكنها الأضعف، فهى تقول بأن الحياة بكل صورها نشأت من جزىء آدم الوحيد؛ وبالصدفة كان هذا الجزىء إما يسارياً أو يمينياً، وكل الجزيئات المشتقة منه صارت مثله . وتتضمن بعض النظريات الأخرى أفكاراً عن آليات أخرى ربما تكون قد تسببت فى إحداث هذا التفضيل، مثل استقطاب ضوء الشمس المنعكس من البحر. ولا توجد أية نظرية من النظريات الحالية مقنعة أكثر من غيرها ، لكن ما يبدو مرجحاً هو أن سمة اليدوية فى الجزيئات ذات الأصل البيولوجى، إنما هى مرهونة باللاتماثل فى القوانين الأساسية للفيزياء، وتأثيرها على الكون البدائى. وسيظل التماثل واللاتماثل فى الطبيعة، من المسائل المُحيِّرة، وما تزال تنتظر إجابة.

جزيئات صغيرة فى البيولوجيا

كانت الجزيئات العضوية التى درسناها حتي الآن جميعها بوليمرات كبيرة : جزيئات صغيرة متحدة فى صورة سلاسل، تتكون من آلاف عديدة من الذرات. وقد تناولنا جزيئات الـ د.ن.أ الوراثية؛ والبروتينات، التى تشكل الآلية الجزيئية فى النظم الحية؛ وأيضاً الجزيئات عديدة السكريدات polysaccharide ، التى تعمل كمواد إنشائية. وربما يكون قد تكّون انطباع بأن الجزيئات الصغيرة لا دخل لها بالبيولوجيا. وهذا انطباع غير حقيقى بالمرة. ففى حين تشكل الجزيئات البوليمرية الكبيرة آلية الأداء فى صورة جزيئات تقوم بمهام محددة، فإن أجهزة التحكم التى تنظم مسلك الجزيئات الأكبر تستخدم جزيئات صغيرة.

ويمكن القول بشكل عام؛ إن عمليات التحكم البطىء تتم من خلال ما يسمي بالهرمونات، وهى المواد التى تنتقل من الدم أو السائل بين الخلوى إلى الأعضاء الخاضعة لتحكمها. أما عمليات التحكم السريع، فهى تتم من خلال الجهاز العصبى. والهرمونات هى جزيئات صغيرة؛ وكذلك الجزيئات الناقلة، التى توصل الرسائل عبر الوصلات المهمة فى الجهاز العصبى.

الهرمونات

تصنع الكائنات الحية الهرمونات من أجل التحكم فى معدلات العمليات الكيميائية الحيوية .وفى النباتات، تتحكم الهرمونات فى النمو والإثمار وكل التغيرات الموسمية، مثل سقوط الأوراق. وما تزال كثير من الوظائف التى تقوم بها الهرمونات فى النبات غير معروفة؛ غير أن الهرمونات الحيوانية تمت دراستها بصورة أفضل.

وتنتج الهرمونات الحيوانية فى المعتاد بواسطة الغدد، وتفرز الغدد جزيئات هرمونية فى مجرى الدم بحيث يمكن أن تنقل إلى الأجزاء الأخري من الجسم. وتؤثر بعض الهرمونات بشكل مباشر على الخلايا؛ ويحفز بعضها الآخر الأعضاء علي إنتاج هرموناتها الخاصة. وتعد نظم التحكم الهرمونية نظماً بالغة الحساسية، لكونها مهيأة للإمداد بالتغذية المرتدة feedback والتغذية المرتدة السلبية negative feedback، فعلى سبيل المثال، تحفز هرمونات الجنس الذكرية الخصيتين، اللتين تنتجان بدورهما هرمونات لكبح إنتاج هرمونات الحفز الأصلية. وبهذه الطريقة يتحقق توازن مثالى للهرمون.

وتكتسى آليات هرمونات الجنس الأنثوية، التى درست بصورة أكثر استفاضة مزيداً من التعقيد . فإذا ما تناولت سيدة أحد هرموناتها المنظمة فى صورة عقار، فمن الممكن حينئذ أن ينخدع نظام الجسم فيتفاعل كما لو كانت السيدة حاملاً، وبذلك يتوقف إنتاج البويضات. غير أن العلاقات المتبادلة بين نظام الجسم والهرمونات علاقات معقدة، لدرجة أنه من المهم التأكد من عدم وجود تأثيرات جانبية ذات صلة بالأجهزة المعنية. وعلى سبيل المثال، فى الوقت الذى كان فيه الجيل الأول من حبوب منع الحمل يعطى انطباعاً خاطئاً بالحمل، كان يزيد احتمالات حدوث جلطة دموية، وذلك نتيجة ميله إلى تقوية الحماية الطبيعية ضد النَّزْف الزائد أثناء الولادة.

ولو تسبب مرض ما فى زيادة إنتاج هرمون معين أو نقصانه، فقد تكون النتائج وخيمة ومؤلمة. وتعد الغدة الدرقية Goitre والغدة القزمية dwarfism مثالين بارزين لنشاط إكلينيكى، قد يعمل على تمزيق هرمون الدرقين thyroxine. ويمكن التغلب علي بعض هذه المشاكل بحقن الهرمون المناسب فى صورة نقية - كما فى حالة العلاج بالإنسولين لمرضي السكر. وحتى وقت قريب، كان الإنسولين يستخرج عادة من الأغنام، وحاليًا استطاع الكيميائيون من خلال الهندسة الوراثية تعديل الـ د.ن.أ فى البكتيريا، بحيث يمكنها - كما ذكرنا من قبل - أن تنتج جزيئات مماثلة لجزيئات الإنسولين البشرى.

والفيرومونات pheromones، هى جزيئات وثيقة الصلة بالهرمونات، وهى لا تفرز لتسرى داخل جسم الكائن العائل، ولكن لتخرج إلي العالم الخارجى. تعمل الفيرومونات على إثارة التفاعلات المسلكية، أو ردود الأفعال التناسلية لدى طرفى اللقاء من الجنس ذاته، وخاصة لدى الحشرات. فهى تعمل كرسائل جزيئية بين الأفراد، وقد تتحكم فى نشاط الجماعة. وقد جرى

اختبار مثل هذه الجزيئات، وخاصة الجزيئات الجاذبة للجنس، كمبيدات تجتذب الحشرات إلى مصير فتاك. وفي الثدييات أيضاً، توجد دلالات على ما يمكن أن تتسم به الفيرومونات من تأثيرات بين حيوانية . فعلى سبيل المثال، إذا وضع أحد الفئران الذكور في قفص به إناث من الفئران، فيمكنه أن يحدث تزامناً للدورات النزوية oestrus cycles بين الإناث.

الجهاز العصبى

تجرى عملية التحكم السريع من خلال شبكة من الأعصاب، فعندما تلمس يد شخص، على سبيل المثال، لوحاً ساخناً تنقل الأعصاب الحسية Sensory nerves رسالة إلى المخ تفيد بأن اليد لمست شيئاً ساخناً، وتعود الأعصاب الحركية motor nerves برسالة من المخ لتشغيل العضلات التى تحرك اليد لتبعدها عن اللوح الساخن.

ويتكون كل عصب من حزمة من الخلايا العصبية تقوم عند استثارتها أو تحفيزها بنقل نبضة كهربية خلال أيونات الصوديوم والبوتاسيوم المنسابة عبر غشاء الخلايا العصبية.

وفى الأشكال البدائية للحياة، يتصل العصب الحسى مباشرة بالعصب الحركى عند وصلة تسمى مشبك synapse . فإذا استثير العصب الحسى، ربما من خلال لمس شيء ما، يستنفر العصب الحركى ليبعث برسالة تسبب الحركة. ونحن كبشر نحتفظ ببعض من هذه الاستجابة السريعة في صورة ردود أفعال لا إرادية؛ لكنه يجرى بصفة عامة تنسيق المعلومات الواردة من الحواس، داخل المخ والحبل الشوكى. وتتصل الأعصاب الحسية والحركية بالحبل الشوكى عند نقاط بين الفقرات.

المشابك والجزيئات العصبية الناقلة

الخلايا العصبية هى خلايا مستطالة لها غشاء، وقد تكون محاطة بغلاف بروتينى يشبه العازل البلاستيك المحيط بكابل كهربى. غير أن الاختلاف الرئيسى بين التوصيل العصبى ونظام التوصيلات الكهربية، هو وجود فجوات أو فواصل فى الجهاز العصبى . فالأعصاب المتصلة بالعضلات، والتى تجعلها تتقلص، بها فجوة بين الأطراف العصبية وخلايا العضلة. وهناك أيضا فجوات على مسافة معينة بطول الأعصاب، وعلى وجه الخصوص بين الوصلات فى الحبل الشوكى وبين الخلايا العصبية للمخ.

وتعد هذه الثغرات بالمقاييس الجزيئية ثغرات كبيرة،إذ يبلغ حجمها مائة مثل حجم الجزيء الصغير. وتنقل الإشارات العصبية عبر هذه الثغرات بواسطة جزيئات صغيرة. فعندما تصل الرسالة إلي نهاية عصب ما، تنطلق الجزيئات الناقلة من هذا الطرف وتنتشر عبر الثغرة، وتسري النبضة عن طريق إحداث تغير في الخلية في طرف الثغرة البعيد.

في عام ١٩٢١، طرح أوتو لويي Otto Loewi أول تفسير مقنع بأن التوصيل العصبي يتضمن مواد كيميائية. فمن خلال تجارب لويي علي الأعصاب المتصلة بقلب ضفدع، لاحظ إفراز مادة أسماها فاجوستوف vagusstof عندما يستثار عصب كهربياً، كما لاحظ أن السائل المحتوي لهذه المادة يحفز قلباً آخر بدون تدخل نشاط عصبي جديد. وقد لاحت له فكرة هذه التجربة في الساعة الثالثة صباحًا علي مدى ليلتين متواليتين. ففي الليلة الأولي دوّن فكرته، لكنه وجد في الصباح أن ملاحظاته غير مفهومة. وفي الليلة الثانية، لم يدع مجالاً للصدفة، واستيقظ ثم ذهب إلى المعمل مباشرة. وقام بإنجاز تجربته الحيوية في الساعة الخامسة صباحاً. وأوضح السير هنري دال Henry Dale ، الذي قام بمعظم أبحاثه المهمة في معامل ويلكم للأبحاث، أن الفاجوستوف الذي اكتشفه لويي ما هو إلا الجزيء الصغير المعروف باسم أستيل كولين acetylcholine . وقد تقاسم العالمان جائزة نوبل عام ١٩٣٦. وبعد عامين تم إلقاء القبض على لويي بصفته يهودياً، لكنه سمح له بمغادرة ألمانيا شريطة أن يسلم الأموال التي حصل عليها من الجائزة إلى النازيين .

ومن المفيد أن نبحث عن سبب استخدام الطبيعة لجزيء صغير كناقل عصبي كيميائي. ويحتمل أن يكون السبب هو أن استثارة عصب هي مسألة تأثير، إما أن يكون أو لا يكون : فإما أن تمر الإشارة أو لا تمر دون تغير في شدتها. ومن الطرق المعروفة لتحويل هذه الاستجابة الرقمية إلي نتيجة تمثيلية أو نتيجة بيانية، هي السماح لكل عصب بأن يبعث بمادة كيميائية عند الطرف. وسوف ينتج عن كل عصب من الأعصاب العديدة جزيئات يتجمع عددها الكلي عند المستقبلات في الحبل الشوكي قبل انتقال الإشارة إلي المخ. وسيضمن وجود عدد محدد من هذه المستقبلات أن يصبح هناك حد أقصي لتأثير الحفز العصبي،مما يكفل تفادي التحميل الزائد للجهاز.

والجزيء الذي يقوم بنقل الإشارة العصبية عبر الثغرات المختلفة في الجهاز العصبي هو جزيء محدد لكل نوع من أنواع الثغرات. وجميع الجزيئات الناقلة هي جزيئات صغيرة، يقل عدد الذرات في بعضها عن عشرين. وغالباً ما تكون تأثيراتها فجائية، وقد أصبحت

أسماء بعض هذه الناقلات مألوفة. فالإدرينالين هو جزيء صغير يحمل الرسالة إلي الثغرات العصبية في حالات الهرب أو الذعر. فعندما يستفز حيوان أو يفزع، أو يهب للدفاع عن نفسه، يدق قلبه دقات أسرع من المعتاد، لأن الإشارات التي تسبب حدوث هذه الحالة قد استقبلتها عضلات القلب؛ وتحمل جزيئات الإدرينالين الإشارة الحاسمة. وتوجد بالمخ بلايين الثغرات بين الخلايا العصبية، ويسمي أحد الجزيئات الناقلة في المخ بالدوبامين، وله علاقة جزيئية وثيقة بالإدرينالين.

المُستقبِلات

من المعتقد أنه عندما ينتشر جزيء ناقل عبر إحدي الفجوات الموجودة في الجهاز العصبي، فإنه يرتبط بمستقبل في خلية عبر الفجوة محدثاً تغيراً لهذه الخلية الثانية. ويعتقد أن هذه المستقبلات هي جزيئات بروتينية ذات موضع ارتباط مصمم بطريقة محددة تماماً لاستقبال الجزيء الناقل بصورة مشابهة لمواضع الارتباط المحددة في الإنزيمات، وهي البروتينات المستخدمة في تحويل الجزيئات أثناء التفاعلات الكيميائية. وكان التصور الأوَّلي يشبه العملية بمفتاح يتوافق مع قفل، لكنه بات من الواضح أن هذا تبسيط مبالغ فيه. والتفسير الأكثر احتمالاً أن يكون عبارة عن ترتيبة، يكون فيها لكل من الجزيء الناقل الصغير ورفيقه البروتيني الرابط ، بعض المرونة؛ وهذا يعني أن التغير في شكل الجزيء الناقل سيكون عبارة عن وسيلة لاستمرار الإشارة لتفسح المجال لمزيد من التغيرات الجزيئية داخل الخلية الثانية.

وبمجرد أن يتصل الجزيء الناقل بالمستقبل ويجري انتقال الإشارة ، ينبغي أن يتحرر وأن يزال؛ إما بأن تمتصه مرة أخري الخلية العصبية التي أطلقته في البداية، أو أن يدمره إنزيم مناسب، تاركاً خلية النقل الأصلية تنتج ناقلات جديدة. وكلا النظامين مستخدمان في الجسم.

وتنطوي الآلية الثانية علي نوع من الخطر، حيث يصبح الجهاز كله أكثر عُرْضة لأي شيء من شأنه أن يحطم أو يشل حركة إنزيم الإزالة. وهذا في واقع الأمر هو الوظيفة التدميرية لغازات الأعصاب ، التي كان لها التأثير الرهيب أثناء الحرب العالمية الثانية. ومن شأن هذه الغازات أن تهاجم مواضع ارتباط الإنزيمات بالجزيئات الناقلة العصبية، قبل تدميرها. وعندما لا يستطيع الجهاز العصبي ككل إزالة الناقلات العصبية، فإنه يتوقف عن العمل. ويشبه ذلك إغلاق مصنع ليس عن طريق تدمير ماكيناته ، ولكن بالتعرض لنظام التحكم فيه.

المخ

يتكون المخ ذاته من عدد هائل من الخلايا العصبية (قرابة ١٠٠مليار خلية) . ويتراوح طول الخلية ما بين ٥ و١٠٠ جزء من ألف من المليمتر، ويتصل كل منها بالخلايا العصبية الأخري عبر المشابك (الفجوات الموصلة) . وقد تقوم خلية مستقبلة، يرد إليها العديد من الإشارات، بتجميعها، ثم تبعث بإشارة خارجة إلي خلية عصبية أخري. ومرة أخري ، يتم نقل الرسالة داخل الخلية بواسطة التوصيل الكهربي،بينما تحمل الناقلات الكيميائية الإشارة عبر الفجوات بين الخلايا.

وتستقبل معظم الخلايا العصبية بالمخ عدداً مختلفاً من المدخلات، البعض منها يثيرها لكى ترسل إشارة، والبعض الآخر يكبحها. وهناك نحو ثلاثين نوعاً من الجزيئات اعتبرت ناقلات كيميائية؛ ويبدو أنها تتركز فى تجمعات محددة من الخلايا العصبية.

ويبدو أن بعض أكثر صفات المخ غموضاً ـ مثل الذاكرة،على سبيل المثال ـ ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالمشابك التى تصل بين الخلايا، وإن لم يكن هناك أى إثبات لذلك. فقد يرجع ذلك مثلاً إلى زيادة فى كفاءة أحد المشابك على حساب كفاءة المشابك الأُخرى الموجودة فى الخلية ذاتها، وحينئذ سوف تعزز مجموعة معينة من المحفزات مساراً معيناً من بين المسارات العديدة الممكنة. ولقد أوضحت التجارب التى أجريت على الكائنات الحية البسيطة أنه عندما يتعلم حيوان أو ينسى رد فعل معين، فإنه تحدث تغيرات يمكن رصدها ، فى عملية نقل الإشارات عبر فجوات وصل معينة.

ومن بين جميع صور المرض، ما تزال الأمراض العقلية من الأمراض الغامضة. ومع ذلك، فقد صار من المرجح أكثر من أى وقت مضي، أن بعض الأمراض العقلية هى أمراض جزيئية المنشأ. فأى اختلال طفيف فى إنتاج الجزيئات التى تنقل الإشارات العصبية عبر الوصلات، يظهر فى صورة مرض عقلى. وعلى سبيل المثال،فخلايا المخ العصبية الباعثة للأستيل كولين تعتبر خلايا مستثيرة ، بينما الخلايا الباعثة للدوبامين تعتبر خلايا كابحة. وينطوى داء باركينسون Parkinson's disease على ضمور متزايد للخلايا العصبية الباعثة للدوبامين، بينما يؤدى الخلل فى الأستيل كولين إلى الإصابة برعاش مميز، وبتصلب، وضعف فى الوظائف الحركية المصاحبة للمرض. أما إذا كان الاختلال فى الاتجاه المعاكس، فيشتبه فى أن تكون النتيجة هى الإصابة بالشيزوفرينيا .

العقاقير

إذا أمكننا فهم كيف تنقل الخلايا العصبية فى المخ، أو فى أى مكانٍ آخر فى الجهاز العصبى، رسائلها بواسطة جزيئات صغيرة، فسيكون هناك إغراء لا يُقاوَم لكى نتدخل فى أداء هذا الجهاز. فمن خلال إيقاف أو إسراع تأثير الجزيئات الناقلة، ربما أمكن علاج المرض بواسطة جزيئات صغيرة مماثلة للجزيئات الطبيعية، يجرى تخليقها فى المعمل. ويعد هذا إحدي سمات البحث فى الصناعة الدوائية، التى سنناقشها فى الفصل القادم.

العقـــاقير

متي أصبحت آلية التحكم البيولوجى مفهومة علي المستوي الجزيئى، سيكون بوسع الكيميائى أن يتدخل فى الجهاز ليصحح الحالة المرضية. وعند علاج أمراض الجهاز العصبى تعمل العديد من منتجات الصناعة الدوائية، إما عن طريق الاستعاضة عن الناقل العصبى الجزيئى بجزيء آخر يؤدى وظيفته ذاتها (والذى يسمى بلغة علم العقاقير،جزيئاً شاداً)، أو بسد موضع المستقبل بجزيء بديل يسمى جزيئاً ضاداً.

(الجزيئات) الشادة

تستخدم الجزيئات الشادة لإحداث تأثير مماثل لذلك الذى تحدثه الجزيئات الناقلة العصبية الطبيعية فى الجسم. وعلى ذلك، ينبغى أن يكون من شأنها الارتباط بالمستقبل المناسب، وأن تعمل أيضاً على إحداث تغير فى الشكل أو فى التوزيع الإلكترونى، مشابه لذلك الذى تحدثه الجزيئات الطبيعية. وبطبيعة الحال، فإن إحدي طرق تحقيق هذا الهدف تجرى من خلال إعطاء الجزيئات الناقلة العصبية ذاتها، إما بطريقة مباشرة، أو بطريقة تمكّن كيمياء الجسم من تخليق ناقلات إضافية.

ويتبع هذا الإجراء فى علاج داء باركينسون، إذا اتضح أنه نتيجة اختلال بين الجزيئين الناقلين للأستيل كولين والدوبامين. ويؤدى تناول دوبامين إضافى إلى تخفيف أعراض المرض.

ومع ذلك، فغالباً، ما لا يكون تناول جزيء ناقل إضافى إجراء مفيداً، لأن للجسم آليات إنزيمية مصممة لمكافحة الناقلات الإضافية. وفى هذه الحالة، يفضل تناول جزيء شاد

يمكن أن يكون بديلاً للجزيء الناقل الطبيعي، على أن يكون قادراً علي مقاومة آلية التدمير بالجسم. ويجب أن يقبل الجزيء الناقل الطبيعي وجزيئه الشاد التخليقي أن يحل أحدهما محل الآخر علي المستوى الجزيئي، ومن ثم يستطيعان إحداث نفس التأثير الفسيولوجي، الذى قد يكون فى صورة انقباض للأوعية الدموية بالبشرة أو تقلص المعدة، أو الأمعاء، أو العضلة الكمبرية للعين.

(الجزيئات) الضادة

والجزيئات الضادة، هى الأداة الجزيئية الأكثر استخداماً فى الصناعة الدوائية: وهى عبارة عن جزيئات تتحد مع المستقبل، ولا تحدث أية تأثيرات، لكنها تمنع الجزيء الناقل الطبيعي من أداء وظيفته.

ويعد الأستيل كولين من أكثر الناقلات الطبيعية استخداماً فى الجهاز العصبى المحيطى للجسم. فقد يعوق الجزيء الضاد تأثير الأستيل كولين عند الوصلة بين العصب والعضلة، وقد تظل العضلة بعد ذلك مرخية. وعندما تستخدم هذه الضادات فى الجراحة، فإنها تمنع انقباض العضلات عند قطعها أو لمسها أو عندما يجرى مد أنابيب فى القناة الهضمية لمريض.

وقد اكتشف هنود أمريكا الجنوبية الضادات، قبل زمن طويل من أن يصبح الطب أسلوباً علمياً، واستخدموها فى تسميم رؤوس حرابهم. ويعد الكورار (اسم نبات من فصيلة الجوز المقيئ ، يستخدم لبسط العضلات) من أشهر الأمثلة على ذلك ، وهو لا يعتبر ساماً إلا عندما يحقن، بينما لا يكون ساماً عندما يؤكل، ويحتمل أن يكون سبب ذلك هو تحلله أثناء الهضم. ومن شأن الكورار أن يوقف نشاط الأستيل كولين. ويعد هذا مثالاً واحداً من أمثلة عديدة توضح كيف استفاد العلم الحديث كثيراً من كيمياء الشعوب البدائية.

وتعد أمراض القلب فى المجتمع الغربى مشكلة كبرى، فالذين يعانون من عدم انتظام ضربات القلب، أو من الذبحة الصدرية، تخف حدة معاناتهم عند إيقاف التأثيرات الواقعة علي القلب من جرّاء ناقل النبض العصبى المعروف باسم النورأدرينالين noradrenalin، وذلك عن طريق استخدام ما يسمى بمضادات بيتا النورأدرينالين "B-blockers"، (مركب مشابه تمامًا للأدرينالين) . وكما هو الحال مع الشادات، يجب أن تكون الضادات مشابهة

للجزيئات الناقلة، إذا كانت ستحل محلها فى مواضع المستقبل. وعادة ما تكون أكبر قليلاً لكى تسمح بارتباط أفضل فى المواضع، ومن ثم تثبت بسرعة وتطرد الجزيئات الطبيعية.

وأحياناً ما يستخدم العقار المضاد لإيقاف تأثير الهستامين الناقل transmitter histamine، الذى يسبب إفراز حمض فى المعدة. ويؤدى إيقاف التأثير إلي شفاء قرحة المعدة. ومع ذلك مرة أخرى، فالجزيء التخليقى لا يجب أن يكون مشابهاً فقط للجزيء الذى يحل محله، بل ينبغى أن تكون له أيضاً بعض الأجزاء الإضافية، التى تسمح بارتباط قوى مع المُستقبل الجزيئى الكبير.

ابتكار عقاقير جديدة

اكتُشفت المضادات المهمة المذكورة ـ مضادات بيتا ، ومضادات الهستامين ـ عن طريق البحث العلمى المنطقى. فقد بدأ الكيميائيون بجزيئات شادة طبيعية، وقاموا من خلال تغيرات متوالية فى التركيب الجزيئى بتخليق جزيئات جديدة. ولكن علي الرغم من أن دور الكيميائى فى استنباط العقار يقتصر على تخليق عقاقير جديدة من أجل اختبارها، فإن مهارته فى الكيمياء التخليقية الفعلية تعد أقل منها فى تقرير أى الجزيئات ينبغى تخليقها ـ نظراً لضخامة عدد الأنواع المتغايرة للجزيئات الصغيرة جداً .

ولم يجر اكتشاف العقاقير الجديدة جميعها بطريقة منطقية كلية. ففى الواقع، لعبت الصدفة دوراً كبيراً فى اكتشاف العديد من العوامل العلاجية المهمة. فقد كانت ملاحظة يقظة نبيهة تلك التى أدت إلى استخدام البنسلين كعقار للبكتيريا، واستخدام البنزوديازيبينات benzodiazepines (مثل الليبريوم والفاليوم) كعلاج للقلق antianxiety agents . وقد لعب الفحص العشوائى دوره كذلك، غير أن معدلات النجاح كانت منخفضة. وأثناء الحرب العالمية الثانية، تم اختبار نحو أربعة عشر ألف مركب كمضادات محتملة للملاريا، غير أن ما انتخب منها للتجارب الإكلينيكية لا يتعدى أصابع اليد.

ويمكن الحكم على مدى إسهام الكيميائى فى استنباط العقار، من حقيقة أنه جري تخليق وفصل نحو ربع مليون عقار محتمل ضد السرطان. ويحاول الكيميائيون أن يفهموا بأساليب جزيئية نوع العقار المطلوب حتى يكونوا أكثر تحديداً للمركبات المخلقة، وبذلك يتجنبون عملية الفصل العشوائى.

إنزيمات الإعاقة

وتستنبط كذلك جزيئات مفيدة من الناحية العلاجية لإعاقة مواضع النشاط فى الإنزيمات. ومثال ذلك العقار المستخدم فى العلاج الكيماوى للسرطان (سرطان الدم على وجه الخصوص) المسمى ميثوتريكسات methotrexate. وهناك مادة تسمى حمض الفوليك Folic acid، تلعب دوراً فى إنتاج الخلايا التى يحولها إنـزيم معـين هـو (ديهيدروفولات رَادكتــــاز dihydrofolate reductase). ويوقف الميثوتركسات هذا التفاعل، وكان بذلك عاملاً رئيسياً أسهم فى تحسين حالات الأطفال، الذين يعانون من مرض سرطان الدم .

وإيقاف نشاط إنزيم ما يمكن أن يعوق كذلك تأثير الجزيئات الناقلة العصبية. فإذا ما توقف نشاط الإنزيم الذى يتخلص من الجزيئات الناقلة، فسوف يزداد عدد الجزيئات الناقلة. وتعمل ما يطلق عليها اسم كوابح أوكسيداز المونوأمين علي رفع تركيز الأدرينالين عن طريق تقييد الآلية التى تعمل على إزالته. ويمثل ذلك آلية للسيطرة على ضغط الدم، غير أنه من الناحية الإكلينيكية، تستخدم الجزيئات التى توقف نشاط الإنزيم كعقاقير مضادة للاكتئاب antidepressants. والمشكلة الوحيدة هى أن الإنزيم ذاته يستخدم فى هدم جزيئات أخرى مشابهة (أمينات amines) ، تأتى من هضم الطعام. وأحياناً يتعرض المرضى الذين يعالَجون بمعوقات الإنزيمات هذه لردود أفعال ضارة، إذا احتوى طعامهم على كميات كبيرة من أمينات معينة، أو إذا تناولوا عقاقير أخرى تفرز الأمينات المطلوب إزالتها. وعلى ذلك، يجب تجنب بعض الأطعمة مثل الجبن ولحم البقر.

العقاقير المضادة للبكتيريا

جاءت أهم التغيرات المؤثرة على صحة الإنسان من استخدام العقاقير المضادة للبكتيريا مثل السلفوناميدات، والمضادات الحيوية مثل البنسلين. ويعود الفضل فى اكتشافها إلى العالم الألمانى العظيم إرليش Erlich، الذى استخدم صبغات مخلقة حديثاً فى صبغ الخلايا، وارتأى أنه إذا صبغت إحدى الأصباغ خلايا نوع معين ولم تصبغ نوعاً آخر، فقد يكون فى ذلك مصدر محتمل للعقاقير، وهى تلك المواد الكيميائية، قد يكون من شأنها أن ترتبط بخلايا الطفيليات أو البكتيريا وتقتلها، دون أن يكون لها تأثير سُمِّيّ يذكر على العائل .

وقد اكتشف هذه الفكرة ألمانى آخر حصل علي جائزة نوبل هو، دوماك Domagk، وكان يعمل لدى شركة باس. وقد برهن على أن صبغة البرونتزيل dye prontosil (وهى

سلفوناميد) هى عقار فعال للغاية ضد البكتيريا، وذلك عندما استخدمها فى إنقاذ حياة ابنته عام ١٩٣٦ .

ومن أكثر الدلالات انتشاراً، ذلك البرهان العملى الذى قدمه فلورى Florey على أن مركب البنسلين، الذى أكتشفه فليمنج Fleming عام ١٩٢٨ لكنه أهمل بعد ذلك، هو عقار فعال جداً ضد العدوى البكتيرية. فعندما تُقارَن أعداد الجرحى فى الحرب العالمية الثانية بالإحصائيات المروعة أثناء الحرب العالمية الأولى، يتضح مدى فاعلية البنسلين فى تخفيض عدد الوفيات بين الجنود بسبب الجروح.

ومنذ عام ١٩٤٥، اكتشف الكيميائيون فى شركات الأدوية كثيراً من المواد، مثل البنسلين، والتى توجد بصورة طبيعية فى الفطريات. وبخلاف هذا، قاموا بفحص التركيب الكيميائى لهذه المضادات الحيوية الطبيعية، وصنعوا أنواعاً تخليقية. والسبب الأساسى لقيامهم بذلك، هو أن العديد من سلالات البكتيريا تكتسب مع الوقت مناعة لأنواع معينة من العقاقير.

عقاقير من أجل الصحة

شهدت حياة البشر تغيراً يتساوى فى عمقه مع ذلك الناجم عن استخدام العقاقير المكافحة للمرض، وقد جاء هذا التغيير نتيجة من استعمال العقاقير أجل الصحة. فربما تكون حبوب منع الحمل،علي سبيل المثال، فعلت أكثر مما فعلته كل التشريعات التى صدرت علي مر التاريخ من أجل تحرير المرأة. وقد كان للتحكم فى الخصوبة كذلك تبعات سياسية، لا نستطيع الآن أن ندرك كل أبعادها. فمنذ نيف وعشرين عاماً مضت، كانت المشكلة المزعجة التى تؤرق المجتمع الغربى، تتمثل فى الزيادة المطَّردة للسكان؛ وحالياً، يجرى إغلاق المدارس نتيجة لانخفاض أعداد التلاميذ المتقدمين لمرحلة التعليم الإلزامى.

وقد جاء كل هذا نتيجة معرفتنا لكيفية إنتاج الجسم للجزيئات الهرمونية، وإعطاء الهرمونات التخليقية لخداع الجهاز التناسلى للمرأة فيعمل كما لو كانت المرأة حاملاً وبذلك تمنع الحمل.

الآثار الاجتماعية

لقد تغير الطب منذ الحرب العالمية الثانية بسبب استخدام العقاقير، فلم تكن معظم العقاقير التى يصفها الأطباء لمرضاهم حالياً متوافرة منذ جيل مضى، وأصبحنا نقترب من عصر

حبة دواء لكل مريض. وعلى الرغـم من هذا، يبدو أن هناك قلقاً عاماً لدى الجمهور. فغالباً مـا تكون طلبـات المستـهلك لمستـويات الأمـان قـوية إلى حـد تنكر على الذين يعـانون من الأمراض الاستفادة من عقار جديد، خشية أن تنجم عنه فى بعض من الحالات النادرة، آثار ضارة. فالمسائل الأخلاقية مـحددة وجادة. وقد ظهرت هذه المشكلة أمام أعين الناس بسبب مأساة الثاليدوميد، وهو عقار كان يستخدم لمنع الغثيان لدى الحوامل، نجم عن تعاطيه ولادة أطفال مصابين ببعض التشوهات.

والحقيقة أن نظام الحياة يبلغ من التعقيد حداً أنه لم يفهم حتي الآن بشكل كامل علي المستـوي الجـزيئى. ونتـيـجـة لذلك، يمكن أن يحـدث مـا لا تحـمـد عقبـاه، على الرغم من الاختبارات المستفيضة التى تجري علي الحيوانات الحية، والتى تعتبر فى حد ذاتها نشاطاً مؤلماً ومثيراً لمشاكل أخلاقية. ولكن إذا كان لابد من الخيار، ولنقل، بين إنقاذ حياة طفل مصاب بسرطان الدم، أو التضحية بحيوانات التجارب، فلا مناص من أن يتخذ شخص ما قراراً. ولا يمكن تجنب هذه المعضلات، إلا عن طريق التعمق فى فهم ما يحدث بالفعل على المستـوي الجـزيئى. وإلي أن نقـترب من هدف الفـهم الكامل، فـيجب تناول العقـاقـيـر مع الحرص، وإدراك أن المخاطر موجودة دائماً.

الغـــــــذاء

يقلق الناس من تناول العقاقير، وهم علي حق تماماً إذا كان هذا الخوف بسبب احتمال ظهور أعراض جانبية. غير أن هذا الخوف يكون فى غاية الحماقة إذا كان منشؤه فكرة أن تناول المواد الكيميائية حتماً ضار. فجميع الأغذية تتكون من مواد كيميائية مصنوعة من جزيئات. وأى نوع معين من الجزيئات يكون متماثلاً ، سواء استخلص من الطبيعة أو قام كيميائى بتخليقه.

وكما رأينا، فنحن نتكون من جزيئات، البعض منها صغير، والبعض الآخر كبير، والغذاء هو مصدر هذه الجزيئات. وبعض الجزيئات (لاسيما الماء) قد يستخدمها الجسم بالصورة التى يتناولها بها، غير أن القدر الأكبر منها تقوم الجزيئات الإنزيمية فى الجسم بتحويلها للقيام بأدوار معينة.

الطهى

يعتبر طهى الطعام قبل تناوله أحد الطرق التى تظهر حنكة الإنسان فى أمور الدنيا بالمقارنة بالمخلوقات الحية الأخرى. ويعمل الطهى على تعديل الجزيئات، ومن ثم يجعلها سهلة الهضم. وعملية الهضم فى الأساس، تتمثل فى إنزيمات تقوم بهدم جزيئات كبيرة وتحويلها إلى جزيئات أصغر يمكن أن تذوب وتمتص فى مجرى الدم، ويعتبر الطهى بداية عملية الهضم قبل بلع الطعام.

ويعد البروتين العنصر الأساسى فى أى وجبة. ولما كانت نسبة كبيرة من تركيبات الجسم هى بروتينات، فإن أى كائن حى يحتاج إلي مصدر متوازن من الأحماض الأمينية لكى

يبنى بروتيناته، ولذلك فإننا نتناول الكائنات الحية الأخرى، ويمكن أن نصاب بالأمراض، إذا لم يتوافر هذا التوازن من الأحماض الأمينية الأساسية. ويفى بروتين حيوانى مثل اللحم بهذا المطلب، ويحصل النباتيون الذين يتناولون منتجات الألبان على البروتين الحيوانى من اللبن أو الجبن. أما النباتيون المتشددون الذين يتحاشون تناول جميع البروتينات الحيوانية ، فقد يحتاجون إلي تزويد وجباتهم الغذائية بعناصر من الجزيئات، التى بدونها تصبح البروتينات قليلة جداً فى غذائهم.

ولكى نجعل البروتين أكثر قابلية للهضم، فإننا نقوم بطهى طعامنا. ولعلنا نسترجع أن البروتينات هى جزيئات كبرى، تتكون من شرائط من الأحماض الأمينية أشبه ما تكون بخيوط العقد. وتنطوى السلسلة الطولية بعد ذلك وتتشابك، لتعطى تركيبة معقدة، لكنها تركيبة ثلاثية الأبعاد، محددة جداً وفريدة فى كل بروتين، وتعتمد علي وحدات البناء التى تصنع الحمض الأمينى، وعلي تعاقبها فى السلسلة. وعندما يسخن البروتين ذو التركيب ثلاثى الأبعاد يصبح أكثر عشوائية، لأن طاقة التسخين تجعل الذرات ومجموعات الذرات فى البروتين تهتز وتتذبذب إلي أن تتكسر الروابط الضعيفة التى تربط حلقات السلسلة ببعضها. ويسمى هذا من الناحية التقنية تغير الخواص الطبيعية، وينجم عنه فقدان الهيكل التركيبى، وتشتت مواضع الأحماض الأمينية. ويشبه ذلك انهيار حائط من الطوب. وعندما تتفتح السلسلة البروتينية التى كانت ملتفة ومتشابكة الحلقات، يصبح من السهل على الإنزيمات الهاضمة التى هدمت السلسلة أن تؤدى مهمتها ، فقد أنجز بالفعل جزء من العمل.

والشّىّ هو واحد من أبسط صور الطهى، حيث يجرى إنضاج اللحم بالتعريض المباشر للنار، وتحدث عملية هدم تركيب البروتين ثلاثى الأبعاد بسرعة لأنها تستخدم قدراً كبيراً من الطاقة الحرارية. وفى الطبقة الخارجية من اللحم التى تكون الأكثر سخونة يحترق اللحم، حيث تتفاعل الجزيئات البروتينية مع الأكسجين تاركة راسباً كربونياً أسود، وجزيئات أخري غنية بالكربون.

ويعد أسلوب الإنضاج البطىء للطعام فى الماء المغلى عند درجة الغليان العادية البالغة ١٠٠درجة مئوية، هو الأسلوب الأقل ضرراً لإعداد الطعام. ويمكننا بالطبع طهى الطعام بطريقة أسرع، إذا استخدمنا ماء يغلى عند درجة حرارة أعلى من ١٠٠درجة مئوية. ويمكن الحصول علي نقطة الغليان الأعلي باستخدام أوانى الضغط . ويغلى الماء عندما ترتفع فقاعات البخار من قاع الإناء المحتوى عليه وتصل إلى سطحه. وإذا كان ضغط الهواء فوق

سطح السائل أقل من الضغط الجوى الطبيعى، فإن الماء يغلى حينئذ عند درجة حرارة أقل من ١٠٠ درجة مئوية. ويعرف متسلقو الجبال هذه الظاهرة، حيث يكون الانخفاض فى الضغط عند الارتفاعات العالية من السمات الواضحة: فعلى جبل يبلغ ارتفاعه ٢٠٠٠٠ قدم، يستغرق سلق البيضة ١٥ دقيقة، بسبب انخفاض نقطة غليان الماء. وعلى النقيض، ففى أوانى الضغط، يزداد ضغط الهواء فوق الماء من خلال التحكم فى البخار داخل الوعاء. وعند الضغط المرتفع يكون للماء المغلى درجة حرارة أعلي من ١٠٠ درجة مئوية، ونتيجة لذلك يتوافر المزيد من الحرارة لهدم البروتينات أو النشا فى الطعام.

وبدلاً من ذلك، يمكننا طهى الطعام فى سائل له نقطة غليان أعلي من الماء، فالزيت أو الدهون المنصهرة المستخدمة فى التحمير، لها درجة غليان تصل إلى ٢٠٠ درجة مئوية.

وتؤدى الحرارة التى تستمدها جزيئات الطعام من الطهى إلي تذبذب ودوران متزايد لهذه الجزيئات. وتحتوى الحرارة المستمدة من النار أو من الموقد علي نطاقات واسعة من الطاقات - منها طاقات ذات أطوال موجية طويلة، تجعل الجزيئات تتحرك بصورة أسرع، وطاقات الموجات المتوسطة والموجات القصيرة جداً، التى تجعل الجزيئات الصغيرة تدور بصورة أسرع، وأشعة تحت الحمراء تجعل الجزيئات تتذبذب.

وعلى النقيض من ذلك، يعتبر موقد الميكروويف، أداة محكمة تنتج كل طاقتها من نطاق ضيق واحد. ومن مميزات هذا الموقد أنه، من ناحية يجعل جزيئات الماء تدور بصورة أسرع وبذلك تصبح طريقة مثالية لتسخين الطعام المجمد بطريقة سريعة، ومن ناحية أخرى، فبما أن جزيئات أطباق الطبخ ذاتها مترابطة بطريقة وثيقة وليست مخلخلة بحيث تدفعها الحرارة إلى الدوران، فإنها لا تدفأ فى موقد الميكروويف، ومن ثم نحصل على التأثير الغريب المتمثل فى طعام ساخن فى أوانٍ باردة.

التطرية

ومن سبل تحسين الطبخ ، استخدام إنزيمات تهدم بعض التركيبات البروتينية قبل أكلها. وكان الطباخون يعرفون هذه الحيلة منذ زمن طويل قبل أن تتضح أسسها الجزيئية. وأوضح تطبيق للفكرة هو استخدام الأناناس مع فخذ الخنزير المدخن: ففاكهة كالأناناس تعتبر غنية بالإنزيمات التى تهدم البروتينات، ولذا فإن مجرد تلامس بسيط مع الأناناس من شأنه تطرية tenderize شرائح اللحم وجعلها أكثر قابلية للهضم.

وقد استغلت هذه الفكرة علي نطاق واسع ، عن طريق استخدام مستحضرات الإنزيمات لتطرية شرائح اللحم أو السمك قبل طبخها. وتصبح شرائح اللحم طرية، لأنها هضمت جزئياً قبل أن نتناولها بالشوكة والسكين !

الفيتامينات

الفيتامين[1] vitamins، هى مواد أساسية للسلامة الصحية، ولا يستطيع الجسم تخليقها من جزيئات أخرى. ويتمايز الإنسان لكونه يحتاج إلي تناول العديد من الفيتامينات أكثر مما تتناوله المخلوقات الأخري. ويعزى ذلك فيما يبدو إلي أن الإنسان فى إطار اكتسابه صفات جديدة خلال عملية التطور، عن طريق الطفرات التى تحدث بالصدفة للـ د.ن.أ، ربما يكون فقد بعض التعليمات الموجودة فى الشفرة، والتى تعد أساس عملية تخليق الفيتامينات.

ولما كنا نحتاج من الفيتامينات كميات ضئيلة ليس إلا، فإن اكتشاف ماهية الفيتامين والمقدار الضرورى منه، كانت عملية معقدة. ولم يتم استخلاص نتائج واضحة إلا من خلال دراسة بعض نظم التغذية غير العادية. وقد اتضح احتياجنا لفيتامين C، على سبيل المثال، عندما أدى النقص الناتج عن قلة تناول الفاكهة الطازجة إلى إصابة الملاحين بمرض الأسقربوط . ولا تعد الحيوانات الأخرى بخلاف الإنسان نماذج مناسبة للتجارب، حيث يختلف تركيبها الجزيئى الوراثى عن تركيبنا، وحيث يمكن للفئران والدجاج والكلاب، على سبيل المثال أن تخلق فيتامين C. وعلى ذلك، فقد توقف البحث التجريبى علي البشر بسبب المشاكل الأخلاقية. ومن أفضل وأوضح الدراسات بشأن المشاكل الناجمة عن نقص الفيتامين C، هى تلك التى أجريت علي متطوعين ، رفضوا بإرادتهم الاشتراك فى المعارك أثناء الحرب العالمية الثانية.

وعادة ما تستخدم الحروف الأبجدية فى تصنيف وتوصيف الفيتامينات. وفيتامين A له دور مهم بالنسبة للإبصار، فمن شأن الضوء الساقط علي الجزيئات أن يغير من تركيبها، وهذا التغير التركيبى ينقل إلى المخ. وتحتوى مجموعة فيتامين B على عدد من الجزيئات المختلفة

---

(١) الفيتامينات: مواد عضوية موجودة بكميات ضئيلة فى الأطعمة الطبيعية التى تعتبر أساسية من أجل الصحة. وهى تصنف إما فيتامينات تذوب فى الماء أو تذوب فى الدهون. وتنشأ حالات شاذة محددة إذا كانت الفيتامينات غير موجودة بالغذاء، أو موجودة بمقادير غير كافيه. [المترجم]

التى تعتبر أساسية لنشاط عدة إنزيمات مهمة. أما فيتامين C ، رغم أنه من أبسط الفيتامينات، فهو محل جدل كبير فيما إذا كانت كميات كبيرة منه تخفف نزلات البرد، أو حتى تشفى من السرطان. ومن سمات العلماء المحافظين أنهم شكاكون. وتجربة المدافعين عن الفيتامين C لاستخدامه كواقٍ من الأمراض من أمثال لينوس بولينج(٢) Linus Pauling، وهو العالم الثانى الذى فاز بجائزة نوبل مرتين، تفيد بأنه ثبت على مدار السنين أن المزيد والمزيد من الفيتامينات مطلوب من أجل الوقاية من الأمراض. وفى البداية، كانت مليجرامات من الفيتامين تفى بالغرض، وحالياً نحتاج منه جرامات. فهل يعزى ذلك إلى أن الفيتامينات الأولى المستخرجة من مصادر طبيعية كانت بها شوائب، وكانت هذه الشوائب هى المكونات الفعالة الحقيقية؟ ومع تنامى ولع الإنسان به أصبح ينتج بصورة يزداد نقاؤها يومًا بعد يوم، حتى صار بالإمكان تخليقه كلية، وبشكل نقى تمامًا. وإذا صح القول بأن الشوائب هى التى كانت تمثل العنصر الفعال، فذلك يفسر سر الحاجة الظاهرة للجرعات المتزايدة. وتعتبر مجموعة فيتامين D جزيئات من نوع الستيرويد steroid (مركب من الشحمانيات الشبيهة بالكولسترول) المنتمية إلى هرمونات الكورتيزون والهرمونات الجنسية، أما فيتامين E، فهو يعد مادة مقاومة للتأكسد؛ ويعتبر فيتامين K ضرورياً لإنتاج البروثرومبين prothrombin فى الكبد.

النكهات

وتتحكم الجزيئات حتى فى مذاق الطعام، ونتيجة لذلك صار المجال مفتوحاً لتدخل الكيميائيين . وتستخدم الآلية ذاتها التى تستخدمها الإنزيمات لاتحاد الجزيئات أو التى تستخدمها المستقبلات فى التفاعل مع الناقلات: فتذوق نكهة معينة، هو عبارة عن توافق جزىء صغير فى موقع مصمم لقبول الشكل والتوزيع الإلكترونى لهذا الجزىء الدقيق، أو لأحد الجزيئات الشبيهة به. ومن ثم، فإن تخليق نكهات صناعية يوازى بالنسبة للكيميائى عملية إنتاج العقاقير. فما على الكيميائى إلا أن يخلق جزيئات لها الأشكال والتوزيعات الإلكترونية المماثلة لنظيراتها فى جزيئات النكهة الطبيعية، لكى تتوافق مع جزيئات المذاق

---

(٢) لينوس بولينج (١٩٠١ـ) كيميائى أمريكى ولد فى بورتلاند. طبق نظرية الكم على الكيمياء، ونال جائزة نوبل فى الكيمياء عام ١٩٥٤ لإسهاماته فى نظرية التكافؤ، وأصبح شخصية تختلف حولها الآراء بدءاً من عام ١٩٥٥ كرائد علمى رافض لسياسة الردع النووى الأمريكية. ثم حصل على جائزة نوبل للسلام عام ١٩٦٢ . [المترجم]

فى الجسم. وتتمثل الخطوة الأولى فى أن يقوم الكيميائى بعزل المواد الطبيعية، التى تتسم بنكهة معينة (مذاق التوت،علي سبيل المثال). وبعد ذلك ، يحدد تركيب الجزيئات النقية، وفى النهاية يختبر الكيميائى الأنواع التى قام بتخليقها ، وغالباً ما تتميز بنكهات أقوى كثيراً من النكهات الطبيعية.

والبحث عن بدائل للسكر(من أجل التحلية دون إضافة سمنة)، أدي إلي قيام صناعة مبنية علي السكرين، غير أن هذا المنتج لا يعد بديلاً جيداً بسبب تأخر الإحساس بالمذاق. وينتج الكيميائيون الصناعيون حالياً بديلاً لا يوجد به سوي حمضين أمينيين مرتبطين ببعضهما. وهذا المنتج الجديد(الذى يسميه الكيميائيون بالاسبارتام)، يعتبر أحلى عدة مرات من السكر ويمكن استعماله فى عمليات التمثيل العضوى، ويفرز بواسطة نظم الإنزيمات الموجودة بالجسم، والمصممة لفصل الروابط بين الأحماض الأمينية. ولا توجد آثار جانبية تذكر لمادة التحلية الجديدة. وسيتم قريباً إضافتها إلى مادة الكولا.

الحفظ

ولا يسعى الناس إلى طلب الأغذية ذات النكهة فحسب، بل إنهم يبحثون، وهذا هو الأهم، عن الأغذية الخالية من السموم البكتيرية. وكان الحل المطروح من الكيميائيين لهذه المشكلة، هو استخدام نفس الاستراتيجية المستخدمة فى العلاج الكيميائى chemotherapy: والتى تتمثل فى استنباط مركبات لها سمِّيات معينة، من شأنها قتل الشىء المتطفل مع عدم الإضرار بالعائل. وهذا المبدأ مطبق فى مجالات كثيرة متنوعة من المشاكل، بما فيها تلك المتصلة بالأبحاث الزراعية الكيميائية، وعلى الأخص ، مسألة أى المواد الحافظة التى يمكن أن تستخدم مع المنتجات الغذائية . فمن المهم تخليق، والتأكد من فعالية، الجزيئات التى تبيد الآفات، ولا تكون فى نفس الوقت مؤذية للإنسان. ومن حين لآخر تظهر نتائج مدهشة، فثمة مواد حافظة للخبز تضاف من أجل تأخير عملية التعفن . وقد اعترضت على استخدام هذه الإضافات جماعات الضغط المطالبة بغذاء نقى قوى، وخاصة فى الولايات المتحدة الأمريكية. ولقد أثبتت الأبحاث أن هذه الإضافات لم تكن آمنة فقط، بل إنها أدت كذلك إلى انخفاض واضح فى سرطانات المعدة، ويحتمل أن يكون السبب، هو أن المركبات المضافة لوقف عملية تعفن الخبز، ربما تكون قد قضت كذلك على بعض العوامل السرطانية الموجودة فى المعدة.

كيمياء الطاقة

يعتبر الغذاء من ناحية، هو مصدر الجزيئات التى يخلق منها الجسم منتجات جديدة وأساسية، ومن ناحية أخرى فهو أيضاً مصدرنا من الطاقة.

الجزيئات والطاقة

يعرف الأشخاص نحاف البنية «السعرات الحرارية» حق المعرفة، فهى كميات الحرارة المنبعثة من حرق كميات قياسية من المواد. ولقياس القيمة الحرارية لمادة ما، يجرى حرق كمية محددة منها فى الأكسجين لتعطى بصفة عامة ثانى أكسيد كربون وماء، حيث تحتوى معظم المواد العضوية علي الكربون والهيدروجين، ويجرى قياس مقدار الحرارة المتولدة. ويعتبر غاز الهيدروجين، الوقود الأكثر فاعلية من حيث الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق كل جرام. ويعتبر الجازولين Gasoline (سائل سريع الالتهاب يستخدم كوقود أو منظف) أقل كفاءة بمقدار ثلاث مرات، لكنه يسهل تقطيره نسبياً عن النفط الخام، ويمكن نقله من مكان لآخر بسهولة. وتعتبر الدهون هى وقود الجزيئات الرئيسى للحيوانات، وهى تعطى من كل جرام تقريباً نفس كمية الطاقة التى يعطيها الجازولين .

وفى المقابل، تستخدم النباتات بوليمر سكر النشا طويل السلسلة كجزىء وقود رئيسى لها، وهو يعتبر من حيث الوحدات الحرارية أقل فاعلية ثلاث مرات عن الدهون. ويحتمل أن يكون السبب الذى أدى بعملية التطور إلي هذا الحل لمشاكل تخزين الطاقة، هو أن الكيمياء المتضمنة فى استخلاص الطاقة من النشا، تعتبر أكثر بساطة وأسرع منها مع الدهون. وعلى عكس النبات، يحتاج الحيوان فى حياته إلى الحركة، وتتسم الدهون بأنها أخف كثيراً من

النشا، علي الرغم من أن كيمياء استخلاص الطاقة هى أكثر تعقيداً. غير أن الحيوان يحتاج إلي مصدر سريع للطاقة المتمثل فى وقود النشا، ولذلك يوجد جليكوجين (أحد مشتقات النشا) فى دمائه.

ويمكن من حيث المبدأ، حساب كمية الطاقة التى يمكن استخراجها من تفاعل كيميائى ما، من خلال قياس الفارق بين الطاقة المنبعثة من حرق الجزيئات المتفاعلة، وتلك المنبعثة من حرق نواتج التفاعل. وترتهن كمية الطاقة المنبعثة من أى تفاعل كيميائى بمدي استقرار الإلكترونات فى الجزيئات البديلة المكونة من نفس وحدات البناء الذرية. فكلما كانت الإلكترونات مرتبطة ببعضها بشكل محكم بعد الاحتراق، كانت الجزيئات الناتجة أكثر ثباتاً، وزاد انبعاث الطاقة منها فى صورة حرارة.

وعلى المستوي الجزيئى، يمكن تفسير حرارة الاحتراق بأنها الطاقة المطلوبة لكسر روابط كيميائية معينة فى الجزىء. وتعتبر طاقات الربط فى الهيدروجين والأكسجين معاً أكثر بكثير من الطاقة المطلوبة لكسر الرابطة O-H فى جزىء الماء؛ ولذلك، يتفاعل الهيدروجين والأكسجين بصورة انفجارية ليعطيا الماء وقدراً هائلاً من الطاقة.

البطاريات

ومن أفضل طرق توليد الطاقة من التفاعلات الكيميائية، أن تستخرج فى صورة كهرباء بدلاً من الحرارة، ويتم ذلك فى البطاريات .

وتقوم التفاعلات الكيميائية التى تشكل أساس عمل البطاريات، على فقد أو اكتساب إلكترونات من ذرات أو جزيئات. فإذا أمكن عزل كل من واهب الإلكترونات ومتلقيها، فسوف تنساب إلكترونات من أحدهما للآخر، وسوف يسرى تيار كهربى عبر سلك خارجى أو دائرة. وعلي سبيل المثال، فالزنك المعدنى ليست له ألفة affinity كبيرة بإلكتروناته مثل النحاس. وعلي ذلك، فإذا كان لدينا زنك فى محلول من أيونات الزنك (ذرات زنك فقدت إلكترونين، وأصبحت بذلك مشحونة بشحنة موجبة مزدوجة (Zn^{++})) متصلاً بنحاس فى محلول من أيونات النحاس الثنائية الموجبة (Cu^{++})، يمكننا أن نصنع تياراً من الإلكترونات من الزنك إلى النحاس عبر سلك يصل بين المعدنين، ويشكل ذلك بطارية كهربية بسيطة.

وتمثل البطاريات المستخدمة فى فوانيس الدراجات، وأجهزة المذياع المحمول، وأجهزة التسجيل، تعديلاً بسيطاً لهذه القاعدة، وتعرف بالبطاريات الجافة. وأحد قطبى البطارية

الجـافة (الأنود الموجب)، هو عمـود مركـزى من الكربون ذو طرف مـعدنى، بينمـا قطبهـا الآخـر(الكاثود السـالب) هو الزنك الذى يشكل الغـلاف الخـارجى. والمادة الموجـودة بين الإلكترودين (تسمى إلكتروليت) ليست مـحلولاً، بل هى مـعجون من كلوريد الزنك، وكلوريد الأمـونيوم، وثانى أكسـيد المنجنيـز. وعند إلكتـرود الزنك تصـبح ذرات الزنك أيونات زنك، وتعطى إلكترونين، بينما عند الأنود، تكتسب كل من أيونات المنجنيز والأمـونيوم إلكتروناً. وتعطى البطاريات الجافة جهداً يساوى ١,٥ فولت، ولما كان غاز الأمونيا يتولد حول أقطاب البطاريات ، فإن نشاطها ينخفض . وإذا تركت فترة فإنها تسترد نشاطها نوعاً ما، حيث تتحد الأمـونيا مع أيونات الزنك. غير أنـه لا يمكن إعـادة شـحن البطاريـة مرة أخري، مثل بطاريات السيـارات (مـراكم الرصـاص) ـ حـيث يدفـع المولد (الدينامـو) بتـيار كـهربى إلى البطارية يجعل المواد الكيميائية تعود إلي حالتها الأصلية.

وبسـبب أزمـة الطاقـة والرغـبـة فى إنتـاج وسـائل نـقل لا تسـبب تلوثاً، يعكف العـديد من الكيـميائيين على مـحاولة ابتكار أو اكتشاف مـصادر كـهروكيـميائيـة أفضل وأرخص وأخف لتوليد الكهرباء، وتتضمن استـخدام الطاقة الشمسيـة. وتشكل هذه الفكرة الأخيرة، مثالاً آخر لطريقة تفكير الكيميائى: أولاً التبصر بالأسلوب الذى تجرى به الأشياء والأمور فى الطبيعة، ثم استنساخ هذه الآلية. ويتمثل الهدف أولاً وأخيراً فى إدخال تحسين على ما أوجدته الطبيعة.

تحويل الطاقة

توجد بالطبيعة آليتان مـهمتان بصورة فائقة لتدفق الطاقة: عملية التنفس، التى تتضمن هدم الجلوكوز للحصول علي طاقة مفيدة؛ والتمثيل الضوئى، الذى يعتبر اصطياداً للطاقة من الشمس من أجل تـخليق الجلوكوز. وبينما يـحرق كل من النبات والحيوان غذاءهما بواسطة الأكسجين لإنتـاج طاقة تـختـزن فى صـورة وقـود جزيئى وثانى أكسيد كـربون ومـاء، فإن النبـات وحـده يسـتـخدم طاقة الشمس لإعـادة تـوحـيد الماء وثانى أكسيد الكربون فى صـورة سكر. وعلي ذلك، يمكن القـول بأن طاقـة الإنسـان كلهـا تأتى من الشـمس، لأن الحـيـوانات تتغذي علي النبـات. والوقود الحـفرى، والنفط، والفـحم، هى بقايا من كـائنات حية ، تحـولت بفعل التأثيرات الجيولوجية.

وآلية أيض الجولوكوزglucose metabolism، هى عملية واحدة فى معظم جوانبها بالنسبة لجميع الكائنات الحية، وهى تفسر مرة أخرى تواحد المفهوم الذى يطرحه الكيميائيون عن

الحياة على مستوي الجزىء. وقد قام الكيميائيون بدراسة مكثفة لكل من عمليتى التنفس والتمثيل الضوئى بهدف علمى قصد منه فهم كيفية عملهما. وبطبيعة الحال، هناك كيميائيون يسعون عن عمد إلى إعاقة أو إيقاف العمليات الحيوية - عن طريق تخليق مبيدات أعشاب، علي سبيل المثال، كالباركوات paraquat (محلول كيميائى شديد المفعول لقتل النباتات)، الذى يوقف عملية التمثيل الضوئى. ويدرس البعض الآخر عملية التمثيل الضوئى بهدف التوصل إلى أجهزة تؤدى نفس الوظيفة، إما بصورة أفضل أو بطريقة أكثر ملاءمة. وقد يبدو هذا موقفاً متعجرفاً تماماً، إذ يحاول الكيميائيون المحدثون تحسين شىء استغرق من الطبيعة ملايين السنين لوضعه فى هذه الصورة. ومع ذلك، ففى واقع الأمر، اعتادت الطبيعة علي إنتاج آليتها مستخدمة نطاقاً محدوداً من المواد التى لا تعتبر مستقرة إلا خلال حيز ضيق من درجات الحرارة. ونتيجة لذلك، فلا يعتبر مطمحًا خائباً أن نسعي إلى القيام بأحسن مما تقوم به الطبيعة. فالخلايا الضوئية، التى تحول الضوء إلي كهرباء وتستخدم فى تشغيل الأقمار الصناعية، تعتبر مثالاً واقعياً بارزاً، ولو إنه مكلف نوعاً ما.

إسهام الكيميائى فى حل أزمة الطاقة

على الرغم من أن المواقف العامة تبزغ وتخبو كالقمر تبعاً لأسعار البترول، فإن العلماء يدركون على الدوام التحدى الذى تواجهه الإنسانية.

ولقد تكون النفط الخام والفحم من بقايا الحيوانات البحرية الصغيرة والنباتات التى دفنت فى قاع البحار منذ ملايين السنين. وتتألف معظم الجزيئات التكوينية من الهيدروكربونات - أى الجزيئات التى لا تحتوى إلا على ذرات كربون وهيدروجين. وفى الصناعة البترولية، يجرى فصل خليط الجزيئات هذا إلى جزيئات أثقل بواسطة التقطير (تستخدم فى المشحمات)، وجزيئات أخف (تستخدم فى الجازولين)، وجزيئات صغيرة جداً (التى تكون الغازات الطبيعية). غير أن هاتين الثروتين محدودتان، فعلى مبلغ علمنا، لا يجرى حالياً تكُون النفط أو الفحم فى قشرة الأرض.

ويمتد إسهام الكيمياء فى البحث عن مصادر أخري للطاقة إلى الوسائل الأحدث. ويؤيد كثيرون استخدام الهيدروجين كوقود. ولهذه الغاية، يحاول الباحثون استخدام الطاقة الشمسية لشطر الماء إلى هيدروجين وأكسجين، واستنباط مواد يمكن أن يختزن بها الهيدروجين، ربما من خلال امتصاصه فى مواد صلبة.

ولا تقتصر الإمكانات الكهروكيميائية على أنواع البطاريات الجديدة، لكن أيضاً على محولات الطاقة الشمسية، التى يرى فيها كثيرون الحل طويل الأجل الأكثر قبولاً. وتسعى الأبحاث التطبيقية فى المستقبل القريب إلي تحسين الفحم ليس كمصدر فقط من أجل الطاقة،لكن أيضاً لوحدات البناء الجزيئية الصغيرة أو المركبات الكيماوية غير المتبلرة من أجل صناعات اللدائن والألياف الصناعية.

ويعد إسهام الكيميائى فى الخيار النووى إسهاماً مزدوجاً، حيث إن عمليات الاندماج النووى مقيدة تماماً ومقصورة على استنباط مواد جديدة. أما الانشطار النووى، فهو ينطوى علي كيمياء نووية: تتمثل فى تحويل نوي ذرية إلى نوى أخري، مع ما يستتبع ذلك من انبعاث قدر هائل من الطاقة. ومن الواضح أن خيارات، مثل المفاعلات المولدة السريعة، تعتمد بشكل واضح علي أبحاث الكيميائيين النوويين، كما تعتمد بطبيعة الحال على كل تدابير الأمان اللازمة للصناعة النووية.

وعلي العموم، تعتبر مشكلة الطاقة مشكلة فيزيائية وليست مشكلة كيميائية،غير أن المواد ذاتها تقع فى نطاق اختصاص الكيميائى.

جزيئات عملاقة ـ مواد من صنع الإنسان

حتى منتصف العشرينيات من القرن الحالى، كان هناك عدد قليل من الكيميائيين مقتنعين بإمكانية وجود جزيء مستقر يحتوى علي بضعة آلاف من الذرات. وكان الاعتقاد الشائع أن المواد غير القابلة للذوبان المستخرجة من مصادر طبيعية، هى مجرد مجموعات من جزيئات صغيرة ترتبط ببعضها بواسطة قوي غامضة. وفى عام ١٩٢٢، طرح الكيميائى الألمانى ستاودينجر staudinger فكرة مؤداها أن مواد كالمطاط ، هى ببساطة جزيئات كبيرة (استخدم مصطلح macromolecules) تتكون من سلسلة من الوحدات الجزيئية الصغيرة تشبه حبات العقد. وفى لغة هذا الفرع من الكيمياء، تتكون الجزيئات العملاقة أو البوليمرات من وحدات فرعية من المونومرات (جزيئات صغيرة فردية) .

وكانت البوليمرات الطبيعية مثل، المطاط والصوف والقطن معروفة منذ العصور القديمة. وكما رأينا، فإن الجزيئات الضخمة للكائنات الحية، وهى: البروتينات والأحماض النووية (د.ن.أ) والكربوهيدرات ـ تقع ضمن هذه الفئة، ووحدات بنائها من المونومر علي التوالى هى: الأحماض الأمينية، والقواعد، وجزيئات السكر. وباتباع أفكار ستاودينجر الصائبة، التى نال عنها جائزة نوبل، حدث تطور سريع قام به الكيميائيون فى مجال إنتاج البوليمرات الاصطناعية ، مما أدى فى نهاية الأمر إلى ظهور صناعات اللدائن والألياف الصناعية .

ولا يرقى إلا قليل من الابتكارات لمثل ما أحدثته البوليمرات من أثر علي الحياة اليومية، إذ اشتملت على الجوارب المصنوعة من النايلون، والقمصان غير القابلة للانكماش بعد الغسيل، وعبوات البولى إثيلين ، ولعب الأطفال، والأجهزة الرياضية، ومعظم الأشياء

الموجودة فى الحياة اليومية. وفى المقابل، كانت التطورات الأولية عديمة القيمة: فلقد كان إنتاج البوليمرات الاصطناعية، يجرى استخدامه أساساً كعوازل كهربية.

بوليمرات اصطناعية (تخليقية)

أنتجت الولايات المتحدة فى عام ١٩٠٧، أول بوليمر اصطناعى بواسطة باكلاند Bakeland، وهو كيميائى صناعى أمريكى بلجيكى المولد، وكان يبحث عن طريقة لصنع صمغ اللك الاصطناعى (صمغ اللك الطبيعى، هو صمغ تفرزه حشرة بق اللك). ويعد هذا البوليمر من الابتكارات الكيميائية النموذجية؛ إذ إنه محاولة لاستعواض منتج طبيعى مكلف بمنتج آخر يجرى صنعه فى المعمل. قام باكلاند بتسخين خليط من مادتين عضويتين تحت ضغط، وهما مادتا الفينول والفورمالدهيد ـ المستخدمتان على التوالى كمادة مطهرة ضد العفونة (حمض الكربوليك)، وكمادة حافظة.

ويعد تبريد الناتج حصل علي مادة صلبة نقية شبيهة بالكهرمان لها نفس شكل وعاء التسخين. وتعتبر هذه المادة، المعروفة حالياً بالباكليت، من العوازل الجيدة، وتستخدم فى صنع المفاتيح والمقابس الكهربية.

وتسمى البوليمرات الشبيهة بالباكليت باللدائن المتصلدة بالتسخين thermosetting plastic. ويوضع عنصر الربط الأساسى ـ وهو فى هذه الحالة، أخلاط صمغية من مادتى الفينول والفورمالدهايد ـ فى قالب ويسخن بعد ذلك. وتنشأ عن ذلك روابط كيميائية تتكون بين السلاسل البوليمرية (مكونة من جزيئات متبادلة من الفينول والفورمالدهايد)، وتتسبب فى إحداث الصلابة. وبمجرد أن تتشكل اللدائن المتصلدة بالتسخين، لا يمكن أن تنصهر ولا يعاد تشكيلها. وفى الواقع، إذا سخنت لدرجات حرارة عالية فإنها تتحلل ـ وتعطى الرائحة المميّزة للمقابس والأدوات الكهربية عندما تحترق.

وفى المقابل، تسمى البوليمرات التى يمكن أن تنصهر وتصب فى قوالب ويعاد انصهارها، باللدائن الحرارية. ومثال لذلك، البولى إثيلين (البوليثيلين) polyethylene الذى تنتجه شركة ICI فى بريطانيا. وقد اكتشف البولى إثيلين ويكم كبير بمحض الصدفة، عندما كان يدرس الكيميائيون بشركة ICI تفاعلات الغازات عند ضغوط مرتفعة. ويمكن أن يستحث جزىء الإثيلين الغازى الصغير للوصول فى سلسلة من التفاعلات، تؤدى بشكل متواصل ومتزايد إلى استطالة سلسلة الجزيئات المضافة إلي أن يصبح الجزىء الكبير الناتج

عن تلك التفاعلات ، من الضخامة لدرجة أن يكون مادة صلبة بيضاء. ويسمى مثل هذا البوليمر لَدِنة حرارية، لأنه يمكن إعادة صهره وتشكيله إلي ما لا نهاية. ومرة أخرى، يعتبر البولى اثيلين عازلاً كهربياً جيداً، وقد لعب دوراً كبيراً فى للحرب العالمية الثانية، كعازل فى أجهزة الرادار. وفى وقت السلم، أصبح استخدامه شائعاً، ليس باعتباره مادة عزل كهربية فقط، لكنه استخدم فى عدة تطبيقات، وخاصة أدوات المطبخ .

بلمرة

وكما رأينا من قبل، تعتبر الجزيئات «قانعة»، وبمعنى أدق مستقرة، إذا كان لذراتها هذا الرقم السحرى من الإلكترونات التى تدور حولها. ويمكن حدوث ذلك إما عن طريق فَقْد أو اكتساب إلكترونات لتكوين أيونات موجبة أو سالبة، أو الأكثر شيوعاً عن طريق الإلكترونات التساهمية،التى تؤدى إلى تكوين روابط إسهامية التكافؤ. وبصفة عامة، فالمونومرات المتفاعلة، فى كيمياء البوليمرات، هى مركبات أحادية مستقرة تتطابق مع فكرة الاستقرار: فجميع إلكتروناتها متزاوجة. وتقتضى عملية البلمرة ، أن يبدأ التفاعل بجزىء غير مستقر، وعادة ما يكون جزيئاً ذا عدد فردى من الإلكترونات - أو شق طليق free redical ، كما يسميه الكيميائيون. ويتحد الشق الطليق مع جزىء مونومر مستقر بدرجة معقولة ليعطى شقاً طليقاً آخر ذا إلكترون غير متزاوج. وهذا بدوره يتحد مع مونومر مستقر آخر، ليعطى مرة أخرى شقاً طليقاً آخر، وهلم جراً. وتستمر سلسلة تفاعل إلى أن تنكسر عندما يلتقى إلكترونان فرديان أصليان ويتحدان ليعطيا منتجاً مستقراً. وعلى ذلك، تشتمل تفاعلات سلسلة البلمرة علي: البدء بشق طليق؛ فالامتداد؛ ثم فى النهاية التوقف. وإذا ما انشطر جزىء مستقر إلى جزيئين أصليين، يمكننا فى هذه الحالة الحصول أيضاً على تفرع للسلسلة.

وقد أدخل الكيميائيون تعديلات عديدة علي هذه الخطوات ، واستطاعوا بذلك تعديل خصائص البوليمرات الناتجة. وتشتمل الأمثلة التى نقابلها بصورة شائعة لهذا الإجراء على كلوريد البوليفينيل (PVC)، الذى يستخدم فى أسطوانات الفونوجراف الموسيقية ، أو فى تغطية الأرضيات، وأستيت البوليفينيل، الذى يستخدم فى اللبان واللواصق، والبوليسترين polystreen، الذى يستخدم فى الأشياء المشكلة فى قوالب، وأدوات المطبخ، والبوليبرفلورايثيلين polyper fluoroethylene أو التفلون Teflon ، الذى يستعمل كطبقة غير قابلة للالتصاق تقاوم الحرارة فى أوانى الطبخ. ويكتسى التوصل إلى تخليق المطاط

الاصطناعي أهمية تاريخية خاصة، إذ بدونه ما كان لألمانيا أن تفجر شرارة الحرب العالمية الثانية، حيث لم تكن توجد وسيلة لتوفير المطاط الطبيعي. وقامت الولايات المتحدة أيضاً بجهود خارقة لإنتاج المطاط الاصطناعي عندما احتلت اليابان مزارع المطاط في الشرق الأقصى.

وتتسم معظم البوليمرات التي ناقشناها حتي الآن، بأنها تتكون من جزيئات بسيطة تحتوي علي كربون، مثل المونومرات،لكن أضيف بُعْد جديد عندما استحدثت المونومرات المحتوية علي السيليكون. وتعتبر البوليمرات المحتوية على السيليكون بدلاً من ذرات الكربون على درجة كبيرة من الأهمية؛ نظراً لخصائصها المقاومة للحرارة. وإذا استبدلت ببعض ذرات السيليكون ذرات بورون، يمكن إنتاج مواد غريبة ضئيلة القيمة مثل المعاجين (اللاقونة). ومن شأن ذرات البورون أن تشكل سريعاً روابط عَرَضِيَّة بين السلاسل في البوليمر، وذلك بقبولها إلكترونات من ذرات الأكسجين لتكوين روابط كيميائية. وعندما تتعرض عينة من هذه اللاقونة إلى شد منتظم ، فإنها تتمدد مثل قطعة من الطين اللدائني. وعلي المستوى الذرى، تنزلق سلاسل السيليكون، المكونة من ذرات السيليكون والأكسجين بالتبادل فوق بعضها كلما كونت ذرات البورون تباعاً روابط مع كل ذرة أكسجين مجاورة مارة من أمامها. ولكن عندما تتعرض المادة لقوة شد عنيفة، فإنها تتكسر مثل قطعة جبن، لأن روابط البورون لا تستطيع المضيّ بسلاسة من ذرة أكسجين إلى الذرة التالية في السلسلة. وعلى ذلك يمكن أن تصبح المادة لدنة، أو هشة، ويرتهن ذلك بالأسلوب الذى يجرى به تداولها.

ويختلف العديد من بدائل القطن والصوف عن البوليمرات البسيطة في أن السلسلة تتركب بالتبادل من جزيئين مختلفين (A وB) ـ كما في حالة الباكليت ويعتبر النايلون والتريلين من الأمثلة على ذلك: فبدلاً من أن يكون لهما جزيء مونومر واحد متكرر من النوع A ليعطى ـ A-A-A-A ـ يكون التركيب على النحو ـ A-B-A-B-A-B.

ولا ترتهن خصائص البوليمر بطبيعة الوحدات المتكررة في سلسلة البوليمر فحسب، وإنما هي ترتهن كذلك بالكيمياء المجسمة[١] stereochemistry (دراسة توزيع ذرات الجزيئات في الفراغ) أو الترتيب الفراغي للذرات. وشهدت بداية الستينيات من القرن العشرين خطوة

(١) الكيمياء المجسمة: دراسة العلاقات الفراغية بين الذرات في الجزيئات، وخاصة تشكُّل الذرات المرتبطة بذرة مركزية ووجود الأيسومرات الهندسية والضوئية. [المترجم] .

مهمة على يد زيجلر[٢] وناتا Ziegler and Natta فى تحديد السمة الكيميائية المجسمة للبلمرة. فقد قاما بإدخال مواد حافزة فى صورة مركبات فلزية عضوية للتحكم فى تفاعلات البلمرة. ولهذه المركبات مجموعات عضوية بسيطة أو محتوية على الكربون، تتحد بذرة معدنية وتنتج بوليمر ذا شكل هندسى متوقع ـ بما يشبه الدور الذى تلعبه فى الطبيعة الإنزيمات، التى تتحكم فى تخليق البوليمرات العضويه مثل، البروتين والـ (د.ن.أ.) . ويعتبر تقليد الطبيعة هدفاً ثابتاً لا يحيد عنه الكيميائى، وكم هى قليلة تلك المواد فى الطبيعة، التى تفوق الإنزيمات فى فاعليتها!

اقتصاديات صناعة البوليمر

قفزت صناعة البوليمرات قفزة سريعة، بدءاً من الخمسينيات وحتى أزمة البترول فى منتصف السبعينيات. وكان موردها، أو بمعنى آخر مصادر المونومرات، هى جزيئات الهيدروكربون الموجودة فى النفط والغاز الطبيعى. وعندما انخفضت أسعار البترول، أصبحت المواد التى صنعها الإنسان أقل تكلفة من منافساتها الطبيعية، مثل الصوف أو القطن. وغيرت أزمة البترول هذه الصورة، ربما للأبد. والآن، لا يجدى من الناحية الاقتصادية، بناء مصانع بتروكيماويات فى العالم المتقدم. فمن الأرخص تماماً تخليق البوليمرات فى دول منتجة للبترول، مثل المملكة العربية السعودية، وبذلك تتجنب الاضطرار لنقل البترول.

وعلاوة على ذلك، فإن تكلفة إنشاء نوع جديد من المصانع لإنتاج بوليمر مستحدث هى تكلفة مرتفعة جداً ـ حيث يصل «رسم الدخول» إلى ملايين الجنيهات ـ بحيث لم يعد من الحكمة البدء فى منتجات جديدة. وعلي ذلك، تحولت صناعة بأكملها ومجال من مجالات البحث الكيميائى، فى خلال فترة لا تزيد عن مرحلة الشباب لجيل واحد، من صناعة جديدة ومثيرة وجذابة إلى صناعة محبطة وآفلة وقديمة .

ربما لا يوجد مجال آخر للاتصال الوثيق بين الكيمياء والحياة الحقيقية مثل مجال صناعة البوليمرات، فكيمياء البوليمر تتعامل مع المنتجات اليومية، ومن ثم تتعامل مع صناعة كبرى. وتعتبر كل منتجات اللدائن منتجات جزيئية علي الصعيد الميكروسكوبى.

---

(٢) كارل زيجلر (١٨٩٨ ـ ١٩٧٣) : كيميائى ألمانى ولد فى هلسا، حصل مع الكيميائى الإيطالى جوليو ناتا (١٩٠٣ ـ ١٩٧٩) على جائزة نوبل فى الكيمياء لبحثه فى البوليمرات ذات السلسلة الطويلة، وأدى إلى تطورات جديدة فى مواد صناعية مثل: البولى بروبلين. [المترجم] .

(من الطريف أن يميل الكيميائيون بشكل فلسفى لمبدأ التبسيط [٣] !) ولهذا السبب،تؤثر قيود العالم والتمويل المشترك علي ما يجرى فى المعمل وفى المصنع، أكبر بكثير مما تؤثر به فى نظم أكاديمية أخرى.

وفى المستقبل، سوف يكون هناك تنافس بين المنتجات البوليمرية الحالية والمنتجات الطبيعية. ومن المحتمل أن يتقيد التقدم العلمى مستقبلاً بنطاق يقتصر على منتجات ذات خصائص محددة ومرغوبة، مثل خاصية مقاومة اللهب أو التوصيل الكهربى. وربما يطرأ تغيير كامل على الصناعة، فتستخدم الفحم،على سبيل المثال، كمصدر وقود بدلاً من البترول. وأى تطور لابد أن يقوم على مبررات، من منظور أنه يتيح إنتاج سلع بطريقة أرخص من البدائل الطبيعية أو الموجودة.

---

(٣) مبدأ التبسيط : رأى بأن المذهب الملتبس (أو المعقد يمكن فهمه من أجزائه (أو عناصره) البسيطة . [المترجم]

الفصل الثالث عشر

الكيمياء من أجل الرفاهية

يبعث على الفخر أن معظم تطورات البحث الكيميائى التى ناقشناها حتى الآن، كانت تطوُّرات عملية. والكيمياء كفرع من فروع المعرفة لها سجل طويل ومشرف فى تحسين أوجه الحياة المادية، لكنها قامت باستغلال المناورة بالجزيئات أيضاً من أجل الحصول على المتعة. وتتحكم حواسنا فى متعنا وتعد حاسة البصر من أكثر حواس الإنسان تطوراً .

كيمياء اللون

منذ زمن بعيد فى التاريخ وجد أن الألوان الساطعة تتسم بالجاذبية وتسبب المتعة، وتبدو فى أقل صورها تعقيداً كالوميض الساطع للألعاب النارية. ورأينا فى الفصل الأول مدي ثبات الذرات والجزيئات عندما تدور أعداد معينة من الإلكترونات حول نواها الذرية. وإذا توافر قدر كافٍ من الطاقة لجزىء ما، فقد تتحطم الروابط وتتحول الجزيئات إلى جزيئات أبسط أو حتي تنفصل إلى ذرات غير مستقرة. وعندما يكون الإمداد بالطاقة محدوداً، تستطيع الجزيئات امتصاص هذه الطاقة دون أن تتحطم- وذلك عن طريق تعديل مدارات الإلكترونات، وجعلها تحلق علي مسافات أبعد من نوي الذرات. وفى هذه الحالة، يقال للجزىء أو الذرة إنه فى حالة إثارة إلكترونية. وحالات الإثارة هذه ليست مستقرة، وقد تعود الإلكترونات المستثارة إلى مداراتها الأصلية، وفى نفس الوقت تبعث طاقتها الزائدة السابقة فى صورة ضوء. وقد يرى هذا الضوء المنبعث كطيف انبعاثى(١) : أى مجموعة الألوان المتباينة فى أطوال موجاتها، والتى تتكون نتيجة تحلل الضوء لدى مروره خلال منشور، وهى تشبه ضوء الشمس عندما نراه على هيئة قَوْس قُزَح.

(١) طيف انبعاثى: الطيف الذى يحدث عند تحليل الضوء الصادر مباشرة عن مصدر متوهج. [المترجم]

وفي حالة الألعاب النارية، توفر التفاعلات الكيميائية القدر الكافي من الطاقة لتوليد حالات الإثارة الإلكترونية بما تستتبعه من انبعاث لوني. وتستخدم مواد مختلفة لتعطى هذا التنوع في الألوان. ويمكن الاستعانة ببيان عملي بسيط، يتمثل في رش ملح طعام (كلوريد الصوديوم) على شعلة من النار، إن ذلك من شأنه أن يولد طيفاً انبعاثياً من الأصفر البراق المشوب بالبرتقالي، ويُشاهَد نفس اللون في الشوارع المضاءة باللون الأصفر.

وتظهر جميع المواد الملونة هكذا لنا بسبب معكوس آلية انبعاث الضوء. فعندما يسقط الضوء الأبيض، المحتوى على جميع الأطوال الموجية المرئية الموجودة في ضوء الشمس علي سجادة زرقاء، فإنها تظهر زرقاء اللون لأن كل الألوان امتصت ما عدا اللون الأزرق الذى انعكس. وفي مثل هذه الظروف، من شأن الأطوال الموجية الحمراء أو الخضراء من الضوء أن تستثير الجزيئات الموجودة في السجادة، ولكن بدلاً من أن تنبعث مرة أخرى، تتحول طاقتها إلى مقادير صغيرة من الحرارة.

وحتى القرن التاسع عشر، كانت جميع الأصباغ المستخدمة في تلوين الملابس، من المواد الطبيعية. وكان يستخرج البعض منها مثل الفوه madder والنيلة indigo من النباتات، والبعض الآخر مثل، اللَّك والصبغ الأحمر الفاتح من الحشرات. وكانت توجد مصادر متوافرة للألوان الأحمر والأزرق والأصفر، وكان أصعب الألوان هو اللون الأرجواني الذى حصل عليه الفينيقيون من نوع من المحار ، واستخدم لتمييز أصحاب المقام الرفيع أو الطبقة العليا. وكان أعضاء مجالس الشيوخ الرومان يضعون شرائط أرجوانية على ملابسهم الفضفاضة. وفي القرن التاسع عشر، كان اللون الأرجواني يستخرج من الأُشنات lichens التى كانت تكشط من الأحجار الموجودة علي شاطئ البحر.

وبتدخل الكيمياء، تغيرت الطرق البدائية وما يقترن بها من ندرة وكلفة للحصول علي الأصباغ، تغيراً جذرياً.

الأصباغ التخليقية

يرجع تاريخ الصبغة التخليقية إلي عصر الكيميائي البريطاني السير وليم بركن في القرن التاسع عشر. وعندما كان في الثامنة عشرة، حاول صنع الكينين quinine (مادة شبه قلوية تُعالِج بها الملاريا)، لكن تجربته باءت بالفشل. ولكن حين هم بالتخلص من هذا الخليط لمح وميضاً يميل إلي اللون الأرجواني في المادة، فأضاف إليها الكحول، وكانت النتيجة أن

استخلص منها انيلين أرجوانياً، وهى مادة وجد أنها قادرة علي صبغ الحرير. وفى فرنسا، عندما ساروا على هدْى اكتشاف بركن، بدأت حقبة جديدة فى عالم الموضة تعرف بالحقبة الأرجوانية . وكانت الصناعة فى انجلترا تتقدم بمعدل أبطأ منها فى فرنسا ،علي الرغم من أن الملكة فكتوريا(٢) ارتدت ثوباً مصبوغاً باللون الأرجوانى فى المعرض الكبير الذى أقيم فى حديقة هايد بارك بلندن عام ١٨٥١ . وفى عام ١٨٦٢ ، كانت طوابع البريد تلون باللون البنفسجى الزاهى.

كانت طريقة بركن تسفر عن تركيبة مزجية لصبغ يستخدم لمرة واحدة. ثم اكتشف الكيميائى الألمانى جريس Griess طريقة صارت أكثر شيوعاً، وذلك أثناء عمله فى مصنع للجِعة فى مدينة ستوك أون ترنت. ومثل بركن بدأ جريس بالأنيلين (مادة كيميائية بسيطة تستخرج من قطران الفحم) ؛ لكنه اكتشف طريقة لتحويلها إلي مركب متصل بها يسمى ملح ديازونيوم diazonium Salt، ويمكن لهذا الملح التزاوج مع جزىء ثانٍ ليعطى صبغة يتوقف لونها على اختيار الجزىء الثانى.

وفى ألمانيا، استغل اكتشاف جريس وكان قد عاد إلى بلاده، وأنتجت الصناعة الألمانية جزيئات صبغ ديازو diazo dye، التى تضمنت بنىّ بسمارك واليزارين (صبغ أحمر يستخرج من قطران الفحم) . وقد اكتشف كارو Caro أهمية السلْفنة sulphonation فى شركة باسف الألمانية، بينما اكتشف الكيميائى العضوى الألمانى بايرBaeyer كيفية تخليق النيلة indigo (صبغ أزرق)، وبذلك قضى على تجارة النيلة الهندية. وبحلول عام ١٩١٤، كانت ألمانيا تهيمن على تجارة الأصباغ لدرجة أن الصبغ الكاكى الذى كان يصبغ به زى جنود الحملات العسكرية البريطانية لم يكن يحصل عليه إلا من ألمانيا، ولذلك كانت بعض القوات تضطر إلى الذهاب إلى جبهة القتال بالزى الأزرق المصبوغ بصبغ الوسمة الطبيعى natural Woad الذى كان يستخدمه البريطانيون القدماء.

وقد وفرت التطورات الحديثة فى الأصباغ ألواناً سريعة زاهية لا تفقد بريقها، لمصممى الأزياء العصريين بتكلفة لم تمنع محدودى الدخل من اقتناء الملابس ذات الألوان الزاهية. لكن مما يبعث علي السخرية أن اللون الباهت المطلوب فى التقليعة العالمية الحالية لقماش النيم الذى تصنع منه ملابس الجينز، لا يكون فى أفضل درجة جودة إلا باستخدام صبغة النيلة الطبيعية القديمة!

---

(٢) فيكتوريا (١٨١٩ ـ ١٩٠١): ملكة بريطانيا العظمى (١٨٣٧ ـ ١٩٠١) وإمبراطورة الهند (١٨٧٦ ـ ١٩٠١) . اتسعت فى عهدها رقعة الإمبراطورية البريطانية. [المترجم].

ولا تستخدم الألوان فى صبغ الملابس فقط؛ بل تستخدم أيضاً فى الدهانات. وهنا لم يقدم الكيميائيون نطاقاً عريضاً من الألوان فقط ، بل أدخلوا أيضا تجديدات على الدهان ذاته. وقد أحدث إدخال مستحلب الدهانات البلاستيكية والدهانات التى لا تسيل، ثورة فى فنون ديكور المنازل. وكانت النتيجة،منازل أكثر إشراقاً وأكثر جاذبية عما كانت عليه منذ جيل مضى.

وتكتسى الأصباغ ذات الوظائف الخاصة أهمية حيوية بالنسبة لجودة الفيلم الملون. وفى هذا المجال، ابتكر الكيميائيون جزيئات ذات درجة حساسية عالية لأطوال موجية معينة من الضوء.

ومن المقولات الدعائية ، التى تعبر بالفعل عن حقيقة علمية ، الإعلان عن إضافة الإشراق إلى البياض brightness to whiteness فى مساحيق الغسيل. وهذه الحيلة التى تبدو مستحيلة، يتم الحصول عليها بإضافة مواد معينة إلى مسحوق الغسيل تمتص الضوء فوق البنفسجى، وبعد ذلك تعيد انبعاث بعض من هذا الضوء فى النطاق المرئى. وحينئذ لا يعكس القميص الأبيض كل الضوء المرئى الذى يسقط عليه فقط بل يعكس أيضاً بعضاً من الضوء فوق البنفسجى؛ ولذلك فبالإضافة إلى كونه أكثر ابيضاضاً من الأبيض، فإنه يسطع فى الضوء فوق البنفسجى الذى تضاء به كثير من الأماكن، مثل الملاهى الليلية.

الجزيئات والرائحة

تستخدم الطبيعة كآلية لها للكشف عن الروائح، الوسيلة ذاتها التى قابلناها بالفعل مرات عديدة: تلاؤم جزىء صغير مع ثقب مصمم بطريقة معينة تعكس شكله؛ المفتاح المرن فى القفل المرن. هذه الوسيلة الإدراكية ، كما رأينا، كانت هى الأساس الوظيفى فى نقل النبضات العصبية ولاستطعام النكهة.

وكما فى العديد من التطبيقات الكيميائية الأخرى، كان دور الكيميائى فى تخليق الروائح الطيبة هو محاولة محاكاة الطبيعة. وفى البداية، استخدمت صناعة العطور بعضاً من الروائح الغريبة جداً مثل، المسكون muscone والسيفتون civetone، اللتين استخرجتا من غدد الروائح فى الحيوانات. وعندما تمكن الكيميائيون من استنباط الطبيعة الدقيقة للمكونات الفعالة فى الروائح وتخليق نسخ من المنتجات الطبيعية، كان الطريق ممهداً لصناعة عطور تخليقية synthetic perfume industry. وحالياً، يمكن صنع عطور بأسعار رخيصة، ولم يعد استخدامها مقصوراً على الأغنياء.

وحاسة الشم لدى الإنسان ليست هي الحاسة الأكثر تطوراً، مثلما هو عليه الحال بالنسبة لكثير من المخلوقات الأخرى التي تشكل هذه الحاسة وسيلتها الرئيسية للحصول علي المعلومات. ولقد بلغ من تطور حاسة الشم لدي الحشرات وتعاظم قدرتها على التعرف على جزيئات معينة، أنها أحياناً تستطيع أن تكتشف جزيئات أحادية كالفيرومونات pheromones.

شواطئ المتعة الشريرة

لا تقتصر مهارات الكيميائي على إنتاج جزيئات تبعث السرور لحاستي البصر والشم فقط، بل يمكن استخدام هذه المهارات ذاتها في مجال أخطر كثيراً من ذلك، وهو خداع المخ في تقديره لعوامل الإثارة.

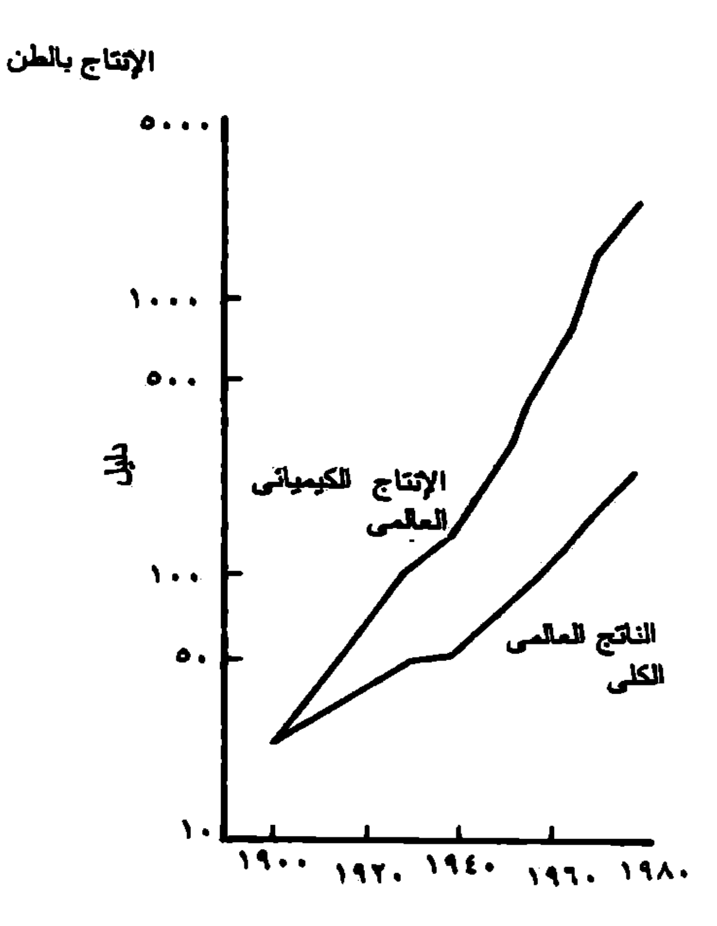
ومنذ قديم الأزل ، استخدم الإنسان الكحول لمضاعفة حدة الإحساس ولإذهاب العقل . وللمنتجات الطبيعية الأخري الأكثر ضرراً، مثل الأفيون والكوكايين أيضاً تاريخ طويل. وبمجرد أن أصبح من الممكن استخراج هذه المنتجات بصورة نقية وبكميات كبيرة ظهر الوجه الأسود للكيمياء. فقد استغل الكيميائي مهاراته في إنتاج المخدرات لاستخدامها في عالم الجريمة. وبخلاف هذا، فقد جري تخليق مخدرات لمفاسد جديدة drugs of abuse، تعد أكثر تدميراً، مثل ثاني أثيل أميد حمض المهماز(LSD).

والآن، ومع تكشُّف دور الجزيئات الصغيرة في الأداء الوظيفي للمخ ، بدأت تظهر توقعات مثيرة ومخيفة في الوقت ذاته، فالتدخل في نقل النبضات عبر وصلات معينة في الجهاز العصبي المركزي، قد يحدث مشاعر النشوة أو الرعب وغالبًا ما ينجم عنه تدمير خطير للمخ. وسوف تأتي قوة التحكم في عقل الإنسان من خلال معرفة كيفية عمله. إن مجرد إلقاء نظرة علي ما جري حتي الآن من استغلال للعقاقير المخدرة من جانب عديمي الضمير، كفيل بأن يجعلنا نتطلع إلي المستقبل بشيء كثير من القلق والحذر.

الكيمياء من أجل الربح

تعد معظم الشركات الكبري فى العالم شركات منتجة لمواد كيميائية، ومن بين هذه شركات البترول. فرغم ما يثار حولها من خلاف، فهى شركات كيميائية بمعني محدود نوعاً ما، لأنها تستخرج النفط (خليط من الهيدروكربونات) مباشرة من قشرة الأرض، ولا تقوم بتصنيعه. ومع ذلك، ينطوى فصل النفط إلي مكونات هيدروكربونية (بيتومين، وبنزين، وكيروسين، وجازولين، وغاز طبيعى، الخ.)على أساليب كيميائية معقدة، وتستخدم تلك الأساليب كذلك فى تحويل مكون إلى مكون آخر. وللشركات البترولية الكبرى أيضاً أنشطة مصاحبة تعتبر أنشطة كيميائية بشكل واضح تماماً. وتقوم هذه الشركات بتخليق المواد الكيميائية بدءاً بالغاز الطبيعى وتسويقها، وتعد هذه المواد من بين الخامات التى تتغذى بها صناعات البلاستيك والصناعات الكيميائية الزراعية. وحالياً، تتحول الشركات البترولية العملاقة بشكل نشط جداً نحو هذه المجالات الأخرى، تحسباً للزمن الذى ينفد فيه الوقود الحفرى، أو يصبح وقوداً غير اقتصادى.

والشركات التى لا تختلف كثيراً عن الشركات البترولية من حيث الحجم هى الشركات الكيميائية الحقيقية، فهى شركات ضخمة، متعددة الجنسية، وهى بشكل عام شركات مربحة جداً. وهى تعتبر مجالاً لصناعات جديدة - فقد أنشئ معظمها خلال المائة عام الماضية - وحققت أرقاماً قياسية تحسد عليها من الربح والعلاقات الصناعية ومعدلات الأمان. وكما يوضح(شكل ١٤)، فقد تطور الإنتاج الكيميائى العالمى بشكل أسرع قياساً بالناتج العالمى الكلى خلال هذا القرن.



شكل (١٤) نمو الإنتاج الكيميائى العالمى منذ عام ١٩٠٠ مقارناً بالارتفاع فى الناتج العالمى الإجمالى

ويوضح الجدول التالى الابتكارات الكيميائية التى كان لها أثر صناعى ضخم منذ منتصف القرن التاسع عشر. ومما تجدر الإشارة إليه، أن لعدد كبير من الصناعات الكبرى أعماراً لا تتعدى أعمار الموظفين العاملين بها حالياً. وعلى سبيل المثال، فاللدائن وصناعات الألياف الصناعية، لم تبدأ إلا فى الثلاثينيات من هذا القرن، ولم تبدأ الصناعات التى تنتج المستحضرات الصيدلية ومنتجات حماية النبات، مثل مبيدات الأعشاب ومبيدات الآفات إلا فى الأربعينيات من هذا القرن. ومع ذلك، تنتشر حالياً منتجات هذه الصناعات فى مختلف أنحاء العالم.

الابتكارات الكيميائية الرئيسية منذ منتصف القرن التاسع عشر

١٨٤٠	قطن البارود كلوروفورم يستخدم كبنج مخدر أول صبغ صناعى
١٨٦٠	نتروجلسرين طريقة صولفى لتحضير رماد الصودا سيليولويد تحضير حمض الكبريتيك بطريقة التلامس. طريقة برين لتحضير الأكسجين
١٨٨٠	فناسيتين (عقار مسكن للألم) التحليل الكهربائى للماء المالح بطريقة كاستنر. كاستنر إنتاج الفوسفور الأسبرين الأستيلين إسالة الهواء هالوچين الخيط اللزج
١٩٠٠	باكليت طريقة هابر لإنتاج الأمونيا إنتاج الإيثيلين إنتاج حمض النتريك من الأمونيا المنظفات.
١٩٢٠	الرايون طلاء سليليوزى راتينجى بولى سترين برسبكس (نوع من اللدائن) عقاقير سلفا البرونتوزيل النايلون كلوريد بولى فينيل (بى فى سى) البنسلين

١٩٤٠	بولى إثيلين بولى يورثين دى. دى. تى سيليكونات منتجات إيبوكسى لاصقة مبيدات أعشاب انتقائية سليكون نقى بولى بروبلين
١٩٦٠	الرنين المغنطيسى النووى تطبيقات الليزر التكنولوجيا الحيوية مواد غير عضوية

المواد الكيميائية الثقيلة

غالبا ما يقال، إن التطور الاقتصادى والتقنى لدولة ما يمكن أن يقاس بحجم ما تنتجه من حمض الكبريتيك. ويرجع السبب فى ذلك، إلى أن هذا الحمض مادة ضرورية لإنتاج مواد أساسية، مثل الأسمدة والدهانات والألياف واللدائن والأصباغ والصلب. وفضلاً عن ذلك، تتطلب مشاكل التخزين أن يستجيب الإنتاج بسرعة لأى تغير فى الطلب. ويعتبر حمض الكبريتيك مثالاً لمادة كيميائية ثقيلة؛ مادة تستخدم بكميات هائلة ، ففى عام ١٩٨٠، فاق الإنتاج العالمى السنوى من الحمض المائة مليون طن.

ومثال آخر لمادة كيميائية ثقيلة، هو هيدروكسيد الصوديوم أو الصودا الكاوية، التى يتم الحصول عليها من التحليل الكهربى للماء المالح، وهى عملية ينتج عنها أيضاً غاز الكلور. وتقام صناعة المواد الكيميائية الثقيلة عادة فى المناطق التى تتوافر فيها المواد الخام. ويعتبر حرق الحجر الجيرى (كربونات الكالسيوم) للحصول على الجير (أكسيد الكالسيوم)، إحدى الصناعات القديمة. ويتم إطفاء الجير بالماء ليعطى هيدروكسيد كالسيوم، وهو مادة قلوية رخيصة، تعتبر من الخامات الصناعية الأساسية. وفى القرن الثامن عشر، اكتشف أن الجير المطفأ يمتص غاز الكلور، ليعطى منتجاً صلباً سهل الاستعمال، يعمل عند خلطه بالماء كمادة قصر تستخدم مرة أخرى فى صناعات كالمنسوجات.

وتعزز صناعة المواد الكيميائية الثقيلة حالياً أيضاً كثيراً من المنتجات الأحدث، والتى تستخدم بكميات كبيرة فى صناعات إنتاجية أخرى. والعديد من الجزيئات العضوية المحتوية علي الهالوجين هى جزيئات مهمة كمذيبات، وتستخدم بمقادير ضخمة. وبالمثل، كما سيأتى شرحنا، كانت هناك حاجة لإنتاج كميات هائلة من المونومرات (الجزيئات القابلة للبلمرة) لاستخدامها فى صناعة اللدائن .

المواد البتروكيميائية واللدائن والألياف

فى القرن التاسع عشر، كانت المواد الخام فى الصناعة الكيميائية هى: الفحم والملح والمعادن وأنواع العسل والدهون. وفى النصف الثانى من هذا القرن، أصبح البترول من أرخص المواد الخام وأكثرها ملاءمة. وتستمد صناعة البتروكيماويات الهيدروكربونات من صناعة النفط، أو من مصادره، وتحلل الجزيئات إلى وحدات جزيئية أصغر؛ هذه الوحدات (المونومرات) تجرى بعد ذلك بلمرتها لإنتاج اللدائن كما شرحنا من قبل. وتصنع بعض اللدائن فى صورة ألياف تستخدمها صناعات الألياف الاصطناعية.

وبرعت الصناعة الكيميائية فى ضبط خصائص البوليمرات التخليقية لتعطى المواصفات المطلوبة لمنتج معين بدقة. ومن بين هذه المواصفات ،على سبيل المثال، ملمس ومظهر خيط الغزل، ففتائل خيط الغزل المتواصلة تشبه مصفوفة من العيدان الطويلة اللانهائية، وعلى ذلك اقتصرت على إنتاج أنسجة ملساء رقيقة. ومع ذلك، فقد تطورت التقنيات فى منتصف الخمسينيات لتحويل الفتائل إلى أشكال لولبية أو على هيئة سن المنشار، بحيث تشكل حزمة من هذه الفتائل المعدلة خيوط غزل متضخمة قليلة الكثافة تشبه الصوف. وأدت عملية تغيير المظهر والملمس هذه إلى مبتكرات كبرى فى دنيا الأزياء، مثل السراويل المطاطة (الكولونات الاسترتش)، المصنوعة من النايلون.

ولا يزال الهدف الذى تسعي إليه صناعة الألياف الصناعية هو إنتاج نسيج دون الحاجة إلى المرحلة الوسيطة لغزل خيط أحادى البعد يغزل من الألياف. وقد حدث تقدم فى إنتاج النسيج غير المغزول عن طريق تسخين نوعين مختلفين من النسيج يوضعان جنباً إلى جنب بحيث يلتحمان معاً. وقد يكون لكل من عنصرى النسيج المختلفين مواصفاته المرغوبة والتى تتكامل بدمجهما معاً، إذ يضفى أحدهما،على سبيل المثال، المتانة، ويضفى الآخر القابلية للصباغة.

الأصباغ والمواد الكيميائية الدقيقة الأخرى

عادة ما يجرى إنتاج المواد الكيميائية الدقيقة بكميات صغيرة نسبياً، لأن مثل هذه الكميات تفي بالغرض ، وتعطى تأثيراتها المحددة. وهناك طلب مستمر على الأصباغ، التى يمكن استخدامها مع الألياف بصورة أكثر فاعلية، عن طريق عمليات تستخدم طاقة أقل وتقلل من الفاقد اللونى. والأصباغ السريعة التى تثبت بسرعة ولا تبهت، هى تلك الأصباغ التى يتفاعل فيها جزىء الصبغ مع جزيئات الألياف ، لتشكل معاً رابطة كيميائية تكافؤية فعلية.

ويجرى إضافة الصبغات إلى الدهانات أيضاً. ولا يعتبر الدهان ذاته مادة نقية، بل إنه خليط من عناصر ذائبة ومعلقة. وتظهر مشكلة الابتكار هنا فى السعى إلي تصنيع منتج يتسم، تبعاً لرغبة المستخدم، بمسلك متجانس حتى بعد تخزينه لفترات طويلة، ويعطى فى نفس الوقت طبقة رفيعة قوية تغطى وتحمى لسنوات عديدة. وكما هو معهود فى عالم الكيمياء، فإن البوليمرات الاصطناعية تدفع نحو استبدال صيغ زيت بذر الكتان كأساس للدهانات. ولقد صممت البوليمرات التخليقية الخاصة بغرض الوفاء باحتياجات العملاء، مثل صناعة السيارات والاستخدامات المنزلية من الدهانات المستحلبة. ويتجه الطلب على وجه الخصوص نحو البوليمرات القابلة للذوبان فى الماء. والبوليمر الذى يذوب فى الماء كما يذوب فى الزيت العضوى يجعل تنظيف فرش الدهان بالماء مسألة سهلة؛ ويستخدم أيضاً كمشتت لفقاقيع الزيت.

المستحضرات الصيدلية

يعد مجال الرعاية الصحية هو الأكثر ربحية فى الشركات الكيميائية الكبرى، حيث تصل القيمة المضافة للمنتجات إلي أعلى قيمة لها. وفى المقابل ، فإن المبالغ المنصرفة على الأبحاث فى هذا المجال هى النسبة الأعلى. فقد ينفق مبلغ مائة مليون دولار على منتجات جزيئية معينة قبل تجريب العلاج بأى من مركباتها فى أية عيادة أو مستشفى. ولذلك، فإن العائد يكون على نفس هذا المستوى. فربما يصل الدخل من تسويق عقار رئيسى نحو مليار دولار فى السنة، غير أن فرص نجاح أى مركب مُخلَّق جديد ، بطبيعة الحال، هى ضعيفة للغاية، إذ تصل نسبة النجاح إلى واحد فى الخمسة عشر ألفاً.

ويكون لصعوبة ضمان الحصول على عائد مالى نتيجة الأبحاث، لا سيما بسبب مخاطر التأثيرات الجانبية غير المرغوبة التى قد ينجم عنها دفع تعويضات قانونية ضخمة، أثر كبير على نوع البحث الذى تجريه الصناعة.

ومن بين المجالات الرئيسية المستهدفة لأغلبية شركات الدواء الرائدة، أمراض وظائف الأوعية الدموية فى القلب، أمراض القلب؛ خشونة المفاصل، والالتهابات؛ أمراض الجهاز العصبى المركزى؛ القُرَح الهضمية؛ وأمراض الخصوبة. وهذه هى المجالات التى يمكن أن تستحق حصيلة المبيعات فيها مغامرة الإنفاق على الأبحاث المتعلقة بها.

وبالإضافة إلى اكتشاف مركبات مفيدة من الناحية العلاجية، يجب أن يوجّه البحث أيضاً نحو تحويل العقاقير إلى تركيبة دوائية، فيجب أن تكون العقاقير فعالة فى طريقة إطلاق محتوياتها بعد تعاطيها. ويتأثر أسلوب انطلاق العناصر الفعالة فى الكبسولات أو الحبوب، بالتصاق واحتكاك مساحيقها، وحجم جزيئاتها أو محتواها المائى. وهناك نشاط بحثى كبير فى اختبار المواد البولمرية كأغشية أو كطبقات خارجية سريعة التحلل عضوياً. وإذا كانت العقاقير معبأة فى هذه الأغلفة البلاستيكية، فقد يتطلب الأمر توافر نظام محكم لسرعة الإطلاق.

ولا تقتصر منتجات الصناعة الدوائية على مجال رعاية الصحة البشرية فقط، بل تمتد لتشمل أيضاً صحة الحيوان والمواشى والطيور. فهناك عقاقير لمكافحة العدوى الطفيلية، مثل الديدان، أو ديدان الكبد، بينما تستخدم النظائر المخلقة من البروستجلدينات (فئة سداسية من الأحماض الدهنية فى الجسم) فى التحكم فى دورة تناسل الحيوانات الأليفة، مما يؤدى إلى رفع كفاءة التربية، وإنتاج غذائى أرخص.

المواد الكيميائية الزراعية

تحتل الأسمدة النتروجينية نهاية قائمة المواد الكيميائية الثقيلة، فى نطاق الكيماويات الزراعية. وربما كانت أقدم الأبحاث العلمية التى أمكن الاهتداء إليها فى هذا القرن، هى تلك الأبحاث التى أجراها هابر، وقام خلالها بإنتاج الأمونيا من النتروجين والأكسجين، مستخدماً فى ذلك ضغوطاً عالية، ومادة حافزة. وقد تتأكسد الأمونيا وتتحول إلى حمض النتريك، وهو

يعتبر في حد ذاته مادة كيميائية ثقيلة مهمة صناعياً. والأسمدة عادة، هي نترات أو أملاح أمونيوم - ويحتوي كلا النوعين من الجزيئات علي ذرات النتروجين الضرورية للجزيئات المستخدمة في نمو وصحة النبات. ولولا سماد النتروجين المنتج بطريقة هابر، لتضور ملايين من البشر جوعاً في الوقت الحالي، بالإضافة إلى هؤلاء الجوعى في مناطق العالم المجدبة.

ويمتد تأثير الصناعة الكيميائية على الزراعة إلى ما هو أبعد من إنتاج الأسمدة،حيث تستخدم مبيدات الأعشاب ، ومبيدات الفطريات، ومبيدات الحشرات، ومنظمات نمو النبات في تحسين الإنتاجية، ولجعل عملية الزراعة أكثر كفاءة. ولهذه السمة في مجال الكيمياء الزراعية صلات عديدة بالصناعة الدوائية: إذ تستخدم المبيدات بكميات صغيرة نسبياً، ومن الضروري أن يكون المنتج آمناً في استخدامه، ولا يؤدي إلى مخاطر سواء لمستهلكي المحصول المعالج أو للبيئة. وبالمثل أيضاً، ثمة حاجة إلى استنباط منتجات يمكن استعمالها بأمان وبأقصى تأثير بيولوجي.

الهندسة الكيميائية

تعتبر طريقة هابر المذكورة سابقاً، مثالاً جيداً لمدى الأهمية الحيوية للأوجه الهندسية للكيمياء عندما يرقى منتج ما من المستوي المعملي إلي المستوي الصناعي. استخدم هابر جهازاً معملياً بسيطاً نسبياً ، وقضي ثلاث سنوات في إجراء التجارب لتحديد درجة الحرارة والظروف الدقيقة من درجة الحرارة والضغط التي تمكن من اتحاد النتروجين N_2 والهيدروجين H_2 لإنتاج الأمونيا NH_3 باستخدام مادة معدنية حافزة لتعجيل التفاعل. ولتطوير هذه التجارب والارتقاء بها إلى مستوى صناعي يكفل إنتاج عشرة آلاف طن من الأمونيا سنوياً، قضى مهندس كيميائي شاب يدعى كارل بوش Carl Bosch سنتين من الجهد المضني، مما جعله يستحق الحصول على جائزة نوبل في الكيمياء مثل هابر، على الرغم من أن الأخير حصل عليها عام ١٩١٨، بينما حصل بوش على الجائزة عام ١٩٣١.

غير أن الهندسة الكيميائية تنطوي على ما هو أكثر وأهم من مجرد الارتقاء بالعمليات الكيميائية المعملية وتعميمها صناعياً. فكثيراً ما تختلف التفاعلات الكيميائية مع اختلاف حجم الأوعية التي تجري فيها، وتتعاظم هذه المسألة وتتجلي أكثر ما تتجلى في حالة السلاسل التفاعلية. فإذا جرى تعريض جزيء مستقر لعملية انشطار إلي جزيئين متفاعلين جداً، ليوجها بدورهما للتصادم مع جزيئات مستقرة أخرى لتعطى مزيداً من الجسيمات غير

المستقرة، وبالتالى ينشأ احتمال لسلسلة تفاعلات، تسفر عن عدد متزايد بصورة سريعة من الجزيئات غير المستقرة قصيرة العمر. ومن شأن مثل هذا الوضع أن يؤدى إلى حدوث انفجار، إن لم تنكسر السلاسل. وفى الوعاء المعملى، تنكسر هذه السلسلة باصطدام مكوناتها غير المستقرة مع جدران الوعاء. وفى مثل تلك الملابسات، قد تسمح زيادة حجم الوعاء بأن يستمر التفاعل لمراحل أبعد وبصورة أسرع. ومن ثم، فالتفاعل الذى قد يمضى بهدوء علي مستوى المعمل، قد ينجم عنه انفجار فى المصنع.

ولتحقيق إمكانية الانتقال من المستوي البحثى المعملى إلى المستوى الصناعى، ينبغى أن تكون المرحلة الأولى ، هى إنشاء وحدة صناعية تجريبية مشابهة لتجربة المعمل، ولكن على نطاق أكبر. وهنا، يمكن دراسة أية مشاكل تتعلق بعملية تقليب الأخلاط أو ضبط تدفق المواد المتفاعلة أو نقل المنتجات. وستتاح للمهندس الكيميائى الفرصة أيضاً فى المرحلة التجريبية ليحسن كفاءة العملية الكيميائية، سواء من حيث المعايير الكيميائية، أو من وجهة نظر تكاليف الطاقة.

ومن الضرورى فى مصنع كيميائى قائم، أن تجرى مراقبة ومتابعة العديد من العوامل مثل، درجة الحرارة والضغط، فى أجزاء عديدة من النظام. ويستخدم مهندسو الكيمياء علي نحو متزايد أجهزة الكمبيوتر فى قياساتهم ونظم التحكم المستخدمة.

ومع ذلك، فهناك بعد جديد آخر يضاف حالياً إلى الهندسة الكيميائية، حيث أصبحت الكيمياء ترتبط على نحو متزايد بالبيولوجيا (علم الحياة). فهناك قسم مستحدث فى مجال الكيمياء الحيوية، يعمل فيه المهندس، على سبيل المثال،على تحويل الغاز الطبيعى بطريقة كيميائية إلي ميثانول، باستخدام أحد العوامل الحفازة. ويمكن تغذية البكتيريا بالميثانول، لتعطى منتجاً غنياً بالبروتين يستخدم : لف حيوانى.

مستقبل الصناعة الكيميائية

تقدر صناعة الكيمياء بأقل من ٥ ٪ من إجمالى الناتج القومى لدولة مثل بريطانيا؛ وتقل القوة العاملة فى هذا المجال عن ١ ٪ ؛ فى حين أن لها تأثيراً استراتيجياً على نحو٤٠ ٪ من الاقتصاد. وقبل أن توجد صناعة المحركات، لم تكن هناك سيارات. ولكن علي النقيض من

ذلك ، فقبل أن توجد الصناعة الكيميائية، كانت هناك صناعات الملابس والعقاقير والدهانات ومبيدات الحشرات. والصناعة الكيميائية تعمل أو تشارك فى تصنيع كل ذلك. ولكونها طريقة وليست عملية تصنيع منتج، فإن تأثيرها هو تأثير كبير وسريع الانتشار، وينبغى أن تستمر وتتسع.

ويبدو أن المشاكل التى ستواجه صناعة الكيمياء فى المستقبل ستتمثل فى ارتفاع تكلفة المواد الخام والطاقة، علاوة على الطلب الجماهيرى لحماية البيئة. وإذا كان للمرء أن يتكهن بالاتجاهات المهمة فى السعى إلي التجديد، فمن المؤكد أن تكون فى سياق أن الصناعة، مثل الكيمياء ذاتها، سوف تعمل بشكل وثيق مع البيولوجيا، إلى حد ما بطريقة المحاكاة.

التطبيق العملى للكيمياء

كان الموضوع المتكرر فى هذا البحث القصير، هو أن المشكلة الأساسية للكيميائيين هى صنع الجزيئات. وفى مجال العمل اليومى بالمعمل، تتبلور العديد من السمات الفرعية لهذا النشاط الأساسى وتلقى بمشاكلها.

تقرير ما يجب تخليقه

يبدأ الكيميائى بمعرفة أو تقرير أى الخصائص التى يرغبها فى المنتج الذى يجرى تخليقه، وحينئذ يصبح اختيار الجزىء الذى يُخلّقه واضحاً. وقد تطرح الاعتبارات النظرية تصوراً لترتيب معين من الذرات والروابط ، يؤدى إلى تخليق منتج له الخصائص الفيزيائية والكيميائية المطلوبة . أما إذا لم تتوافر هذه المعرفة النظرية، فيمكن اللجوء إلى الأسلوب التجريبى عن طريق تكرار استبدال إحدى الذرات أو مجموعة من الذرات بأخرى، واختبار المجموعة الناتجة من المركبات الجديدة، إلى أن يتم التوصل إلى المركب الذى يكون أقرب ما يمكن من تحقيق الخصائص المرغوبة؛ وأحياناً ما يسمى هذا الأسلوب من قبيل السخرية باسم الروليت الجزيئى (والروليت هى إحدى لعبات القمار المعتمدة على الحظ) .

ويجرى إعداد برنامج مستحدث يعرف باسم التصميم الجزيئى بالاستعانة بالكمبيوتر. ويشبه هذا الأسلوب، برنامج التصميم الهندسى بالاستعانة بالكمبيوتر، خاصة وإن الأداة الأساسية فى ذلك هو كمبيوتر مزود بقدرة على العرض بالرسم البيانى. وفى مجالات، مثل المستحضرات الصيدلية، أو الكيماويات الزراعية، قد تتضمن المسألة تصميم جزىء يحاكى أحد الجزيئات المعروفة، سواء كان هرموناً أو ناقلاً عصبياً. وعن طريق العرض البيانى

للكمبيوتر، يمكن دمج صور من التركيبات الجزيئية باستخدام الألوان والمناظر المجسمة، لتسهيل فهم أوجه التشابه والاختلاف. وعلاوة على مقارنة الهياكل النووية للذرات ، يمكن أن يتضمن العرض حسابات ميكانيكا الكم الخاصة ببيان كثافة الإلكترونات داخل الجزىء وحوله. وبهذه الطريقة يقل الاعتماد على أسلوب المحاولة والخطأ فى بعض التركيبات .

ويقع عبء إجراء الحسابات، التى تعطى معلومات عن الأشكال والخصائص الإلكترونية المحتملة للجزيئات، على عاتق الكيميائى النظرى. ويبدأ معظم هذا البحث تقريباً بالمعادلة الموجية الشهيرة لشرودينجر، التى تقع فى لب ميكانيكا الكم(١) . وتتيح هذه المعادلة، من حيث المبدأ، حساب أية خصائص للجزىء باستخدام الأفكار الأساسية للفيزياء. وفى الواقع العملى، يجرى إدخال تقديرات تقريبية تقصر الحسابات النظرية على الجزيئات التى تحتوى على خمسين ذرة أو أقل. ويبدأ حل معادلة شرودينجر بإدخال المعطيات، وهى أنواع الذرات فى الجزىء، ومواضعها النسبية فى الفراغ. ولكل ترتيب محدد من الذرات تعطى معادلة شرودينجر طاقة الجزىء والمعادلة الرياضية المتعلقة بها (تسمى بالمعادلة الموجية)، والتى تتيح حساب كثافة الإلكترون فى أى موضع، سواء كان داخل الجزىء أو حوله . ويعتبر كل من الطاقة وتوزيع الإلكترونات عاملاً مساعداً فى التصميم الجزيئى .

اختيار المسار التخليقى

وبعد أن تتقرر جدوى تخليق جزىء معين ، تأتى المشكلة التالية فى تقرير كيفية صنعه. وبصفة عامة، سيجيب الكيميائى الماهر عن السؤال باستخدام معارفه وخبراته معاً لإجراء مسح متسم بحسن التمييز لقدر هائل مما احتوته المراجع المنشورة فى هذا الموضوع. ومع ذلك مرة أخرى هنا ، يتزايد دور الكمبيوتر مع تطور ما يسمى بالتخليق الارتجاعى retrosynthesis .

ولا تختلف المسألة إلى حد ما عما ينبغى أن يسعى إليه محام يرغب فى أن يعرف بصورة مثالية كل القضايا المعنية عندما يواجه مسألة قانونية. وأينما توافر قدر هائل من البيانات، فالكمبيوتر هو الوسيلة الملائمة لتخزين هذه البيانات، ولتوفير وسيلة البحث خلالها بشكل منتظم. ومن البديهى أن الكمبيوتر لا يمكن أن يحتوى على التفاصيل التى لا تكون موجودة (أو لم تكن موجودة) فى فكر الإنسان، لكن يمكن أن تتوافر لديه الحقائق التى يجهلها أو ينساها شخص ما. ويفترض بناء على ذلك أن يكون الكمبيوتر قادراً على اقتراح بدائل للمسارات التخليقية، انطلاقاً من المواد البادئة المختلفة.

---

(١) ميكانيكا الكم : النظريات التى تصف نظم الجسيمات الدقيقة . [المترجم]

ومنذ سنوات قليلة مضت، لم تكن طريقة التخليق الارتجاعي طريقة مفيدة بوجه خاص، وحالياً، وبعد إدخال التحسينات والمزيد من الحقائق إلى قواعد البيانات بالكمبيوتر ، فإن معظم نظم الكمبيوتر المتقدمة صارت قادرة على مساعدة الكيميائيين التخليقيين في عملهم بكل سهولة .

تحديد التركيب الجزيئي

وبعد أن يتوصل الكيميائي إلى مركب واحد نقي تماماً، تكون المرحلة التالية في عمله، هي تحديد تركيب جزيئاته، وتلك هي المهمة اليومية المعتادة للكيميائيين. وحتى فترة قريبة، كانت الطريقة الأكيدة الوحيدة هي مقارنة الجزيئات بجزيئات أخرى ذات تركيبات معروفة، وإجراء تحليل كيميائي عليها. وحالياً، يتحدد التركيب بطرق فيزيائية. وقد أشرنا بإيجاز إلى مطيافية الكتلة وتحليل البلورات بالأشعة السينية ، غير أن الأسلوب الأقوى إلى حد بعيد، هو مطيافية الرنين المغنطيسي النووي، وبيانه كما يلي:

تتسم بعض النوى الذرية، مثل نواة الهيدروجين (البروتون) بخاصية الدوران حول نفسها. وتعمل أية شحنة دوارة مثل مغنطيس صغير، ومن ثم تتخذ اتجاهاً معيناً مثل إبرة البوصلة، إذا تعرضت لمجال مغنطيسي. وتحتاج إبرة البوصلة الموجهة لطاقة حتى تنحرف عن اتجاه الشمال ـ الجنوب. وتتغير طاقة البوصلة من حد أدنى، عندما تشير إلى اتجاه الشمال ـ الجنوب إلى حد أقصى، عندما تشير إلى الاتجاه المعاكس الجنوب ـ الشمال. وينطبق نفس الشيء على البروتون. غير أنه على المستوى الميكروسكوبي، تقضي ميكانيكا الكم بأنه لا يسمح إلا ببديلين يمثلان طرفي النقيض: إما الاستقامة في اتجاه المجال أو عكسه. ويكون للاتجاهين المسموح بهما مقداران مختلفان من الطاقة.

وإذا كان البروتون واقعاً في مجال مغنطيسي قوي بالمعمل، فيمكن أن يتحدد هذا الاختلاف في الطاقة بين الاتجاهين عن طريق تسليط موجات الراديو على البروتون إلى أن نجد الموجة ذات الطاقة المناسبة تماماً لقلب المغنطيس النووي الصغير من أحد الاتجاهين إلى الاتجاه الآخر. وثمة أسلوب بديل يتمثل في تسليط موجات ذات تردد معين، ثم نغير المجال المغنطيسي إلى أن يتوافق اختلاف الطاقة بين الاتجاهين مع طاقة موجات الراديو ـ بمعنى آخر، تحديد شدة المجال المغنطيسي الذي امتصت عنده موجات راديو معينة. وإذا كنا نتعامل مع عدد من البروتونات، ولكل منها بيئة إلكترونية مختلفة في تركيبة جزيئية، فسيكون هناك نطاق من شدة المجالات المغنطيسية المناظرة للبروتونات المختلفة.

وقد يظهر هذا الاختلاف في شدة المجالات المغنطيسية بين البروتونات في إحدى حالتين: عندما تتعرض جميع البروتونات لمجال المغنطيس الخارجي الكبير: ففي داخل الجزيء، قد تحجب التغيرات في الكثافة الإلكترونية بروتونات معينة عن هذا المجال بشكل متفاوت، أو قد يولد أحد البروتونات مجالاً مغنطيسياً يؤثر على بروتون مجاور. ونتيجة لهذين العاملين المتمايزين، يصبح هناك مصدر غني للمعلومات يمكن ترجمتها بسهولة إلى صورة تركيب جزيئي. وربما كان الرنين المغنطيسي النووي أكثر من أي أسلوب آخر، بمثابة مصدر تغييرات جذرية في ممارسة الكيمياء، بأن جعل من السهل نسبياً أخذ مادة نقية، وفي غضون دقائق التأكد بدرجة معقولة من تركيب الجزيئات التي تتألف منها.

مشاكل لم تحل

وعلى الرغم من أن الرنين المغنطيسي النووي ثبت أنه أداة صانعة للعجائب، إلا أنه لا يصلح للاستخدام في كل الأحوال . فإذا كانت الجزيئات غير مستقرة (ومن ثم قصيرة العمر)، أو إذا كانت موجودة في صورة غاز، يصبح الرنين النووي المغنطيسي غير ملائم. ولا تناسب هذه التقنية إلا الحالات ذات التركيز الجزيئي العالي، ولا يتوافر ذلك إلا في السوائل والجوامد. وعندما يتزايد حجم الجزيئات المعنية، فقد تنشأ صعوبات في فهمها. ومع ذلك ، فإن ما يطرأ بشكل تدريجي من حيل وتطورات جديدة في تقنية الرنين النووي المغنطيسي، سوف يجعل من الممكن فحص جزيئات ذات مستويات تعقيد أعلى وأعلى، بل لقد صار بالإمكان حالياً دراسة بعض البروتينات الصغيرة.

ومن الشواغل الشاغلة للكيمياء الحديثة، هو هذا المجال من الدراسة الذي يشكل منطقة حدودية متداخلة مع البيولوجيا والعلوم الطبية. والعديد من المشاكل التي نقابلها، يجب أن نتناولها بالدراسة بما هو متاح من كميات صغيرة جداً من المواد، وعلاوة على ذلك، تجرى هذه الدراسة في البيئات الطبيعية المعنية. ولذلك، يسعى الكيميائي بشكل مستديم إلى ابتكار وتعديل أساليبه وتقنياته، لكي يحسّن من فاعليتها حتى تتماشى مع الأخلاط المعقدة من أنواع الجزيئات المختلفة.

مشاكل ووعد

العالم كما نعرفه، والحياة على وجه الخصوص، نمت وتطورت من مجموعة ذرات اتحدت لتعطى جزيئات. ويجب أن نسلم بأن الجزيئات التى صنع الكيميائيون البعض منها وطوروها، يمكن بالقدر ذاته أن تقضى على الحياة فى شكلها الحالى - بسبب التلوث.

التلوث الكيميائى

لقد شهد التاريخ على مر عصوره حالات من التسمم والتلوث، فالبلاء الذى نجم عن نار القديس أنطونيوس (التسمم الأرغوتى)(١) ، والحوادث الغريبة التى وقعت مع عرّافات سالم (مدينة أمريكية عاصمة ولاية أوريجون)، نجمت على الأرجح عن التسمم بمادة مستخرجة من فطر ينمو على نبات الجاودار. وأدت هذه المادة إلى حدوث وساوس وتصرفات غريبة. وسرطان الكبد، ذلك المرض المنتشر فى جنوب شرق آسيا، يمكن أن تسببه مادة سمية فطرية أخرى هى الأفلاتوكسين aflatoxin ، وهى مادة متصلة بالعفن الموجود على الفول السودانى.

وأدى التسمم الذى تسببه المعادن الثقيلة فى بعض مناطق التعدين القديمة إلى تحولها إلى مناطق قاحلة أو غير آمنة، وغالباً ما يرجع السبب إلى وجود شوائب فى المعادن المستخرجة من المناجم. وتعتبر ترسيبات الكادميوم، على سبيل المثال، الموجودة فى محاجر الزنك بالغة الضرر.

---

(١) تسمم أرغوتى: حالة تنشأ عن تناول خبز مصنوع من نبات الجاودار المصاب بالأرغوت (وهو مرض يصيب الأرز وغيره من الحبوب) وتظهر عند الضحايا فى شكل حرقان فى الأطراف وغرغرينا وتشنجات. ونسبت حالات الهيجان إلى نار القديس أنطونيوس (التهاب جلدى)، اعتقاداً بأن زيارة لقبر القديس تجلب الشفاء. [المترجم]

ومن خلال دراسة علم البيئة، بات من الواضح أن السموم التى لا تتحلل فى أجسام الكائنات الحية، تتركز تدريجياً فى سلسلة الغذاء وتصل إلى تركيزات مدمرة عند المستوى الأعلى. وتتراكم السموم فى الطيور البرية، وفى الأسماك الكبيرة، ثم لدى الإنسان ، إذا كان هو آخر المستهلكين. والمثال الملفت للانتباه هو مرض Minimata، وهى حالة الكرب المنتشرة على نطاق واسع بين الصيادين اليابانيين، الذين يعيشون على سمك التونة الذى يحتوى لحمه على زئبق مركز.

وأصبح الموقف أكثر تفاقماً منذ أن بدأ الإنسان فى إنتاج مواد جديدة لا تستخرج بشكل مباشر من الطبيعة. واكتشف أنصار البيئة أن ما يعتبره الكيميائيون نتائج مدهشة، يمكن أن يثبت على المدى الطويل أنها تنطوى أحياناً على أضرار بالغة. فقد أنقذ مبيد الأعشاب، دى. دى. تى DDT حياة الملايين ممن أصيبوا بالملاريا بالقضاء على البعوض، ولكن على مدار السنين بدأت زيادة تركيزات المادة الكيميائية تحدث عقماً للطيور، وحالياً يحظر استخدام هذه المادة الكيميائية فى العديد من بلدان العالم . وأحدثت أمثلة من هذا النوع، ومن التأثيرات الجانبية الضارة لبعض العقاقير، لا سيما عقار الثاليدوميد (مهدئ ومسكّن) رد فعل يعتبر انفعالياً أكثر منه منطقياً، لكنه على الرغم من ذلك رد فعل قوى. ومن المسلّم به أنه من حق الجمهور على الشركات المصنعة أن تكون أكثر حرصاً على اختبار كل تأثير سمّى وارد لمنتجاتها. غير أن النتيجة الاقتصادية لذلك، هى ارتفاع ضخم فى تكلفة عملية استنباط منتجات جديدة، وعلى ذلك يتراجع الاتجاه عن الابتكار والتحديث . وفى مجال المنتجات الدوائية، لا يجرى توفير المنتجات التى يمكن أن تخفف الألم ، لأنه لو أضير بعض الأفراد نتيجة لأحد الاحتمالات المستبعدة، فعلى شركة الأدوية مواجهة ما ينتظرها من جزاءات قانونية ومالية.

وإذا كان الكيميائى مسئولاً عن وقوع هذه المشاكل، فيجب عليه أن يجد لها الحل. فعندما بدأت المنظفات المحتوية على الفوسفات تدمر البحيرات والأنهار، اضطر الكيميائيون إلى البحث عن البدائل. وفى هذه الحالة، قاموا بتصميم تركيبات جزيئية بديلة (توصف اصطلاحياً بأنها قابلة للتفسخ)، يمكن أن تحللها البكتيريا إلى نواتج غير ضارة، ومن ثم لا تنتج نفايات مستديمة.

ومن أجل حق الجمهور فى الحصول على أعلى مستوى من الأمان، فإنه ينبغى اختبار كل المنتجات الجديدة، مما يسبب مشاكل ذات طبيعة أخلاقية وعلمية. وتتضمن الاختبارات

التى لا تتبدل صورتها تقريباً، تجارب تجرى على الحيوانات، وتنطوى على بعض الضمانات المخيفة، مثل اختبار LD50 . ويشتمل هذا الإجراء القياسى، والمفروض قانوناً، على قياس كمية المادة المميتة لنسبة ٥٠ ٪ من عينة الحيوانات المختبرة. وتنشأ المشكلة الأخلاقية أساساً، عند استخدام الحيوانات فى اختبار منتجات لا يكون الاحتياج لها شديداً، مثل اختبار أنواع أخرى من أحمر الشفاه. وكانت المشكلة العلمية تنصب على مغزى الاختبارات التى تجرى ، ولنقل، على الفئران عندما يتعلق الأمر بإجرائها على الإنسان. وعلى المدى الطويل ، عندما تفهم البيولوجيا بصورة أفضل، فقد يصبح من الممكن إجراء الاختبارات على الإنزيمات فى أنابيب الاختبار، لكن هذه المعضلات ستظل قائمة على مدى المستقبل القريب.

التلوث الجوى

تعتبر الأخطاء العلمية التى أدت إلى تلوث البيئة المحلية وأفرزت التسمم، أخطاء رهيبة. غير أن احتمالات الخطر الداهم، تتمثل فى تلك الكيماويات التى قد تسبب، إذا ما استخدمت بكميات بالغة تلوثاً شاملاً للغلاف الجوى أو للطبقات العليا من الغلاف الجوى ، بما يسفر عن تدمير كل صور الحياة على الأرض.

وقد بات من المؤكد الآن أن حرق الهيدروكربونات ، يمكن أن يلحق أضراراً بالغة بالغلاف الجوى. فالضباب الذى مُنيت به لندن فى فترة الخمسينيات نجم عن حرق الفحم فى مواقد التدفئة المنزلية؛ وقد أمكن التغلب على هذه المشكلة حالياً. وتنجم مشكلة الضباب فى لوس أنجليس عن احتراق الجازولين، ويتضافر ذلك مع بيئة جغرافية ومناخية ، تجعل من الصعب تشتيت هذا الضباب. وكان تناول الكيميائى للمشكلة، هو محاولة تصميم مواد حفازة (يتم دمجها مع عادم السيارات) تعمل على هدم نواتج احتراق الجازولين وتحويلها إلى ثانى أكسيد كربون وماء. وعلى الرغم مما يبدو من أن ذلك يمثل قضاء مبرماً على المشكلة الكاملة ، فربما لا يعدو الأمر أن يكون مجرد تبديل إحدى المشاكل الخطيرة بمشكلة أخرى. فثانى أكسيد الكربون تتزايد نسبته فى الغلاف الجوى نتيجة احتراق الوقود الحفرى فى محطات القدرة الكهربية ومحركات السيارات. وفى نفس الوقت، يتناقص الغطاء العالمى من الخضرة، وهى التى تستخدم ثانى أكسيد الكربون فى عملية التمثيل الضوئى. وعلى

عكس الأكسجين والنتروجين الموجودين بالغلاف الجوى، يمكن أن يمتص ثانى أكسيد الكربون الحرارة المشعة من الشمس أو من الأرض ، محدثاً ما يسمى «بتأثير الصوبة الزجاجية». وهناك جدل محتدم يتعلق بمدى خطورة هذه المشكلة ، لكن الارتفاع السريع لدرجة حرارة سطح الأرض سيصبح طامة كبرى.

وتتغير المخاوف البيئية العالقة بخيال أجهزة الإعلام والجمهور بصورة سريعة. فالمشكلة الحالية التى تستحوذ على كل الاهتمام، هى مشكلة تج المطر الحمضى. فاحتراق الوقود الحفرى فى محطات القدرة الكهربية ومحركات السيارات ينتج أيضاً ثانى أكسيد الكبريت ، إذا كان الكبريت موجوداً فى الوقود الأصلى. وفى الغلاف الجوى ، يذوب غاز ثانى أكسيد الكبريت فى ماء المطر لينتج عنه حمض كبريتيك مخفف ، وبالتالى يزيد من حمضية المطر. ويمكن أن تكون الآثار المترتبة على ذلك فى البحيرات والغابات الاسكندنافية وفى وسط أوربا وكندا آثاراً مدمرة. وعلى الرغم من أنه ليس هناك أى إجماع بشأن المصادر المسببة للتلوث أو مقدار الضرر، فالشيء الواضح هو أن المشكلة هى مشكلة كيميائية، وتتطلب حلاً كيميائياً.

وهناك مشكلة أخرى تتعلق بطبقة الأوزون الموجودة فى الغلاف الجوى للأرض، والتى تمتص الأشعة فوق البنفسجية الضارة الصادرة من الشمس، وبالتالى تحمى سطح الأرض. والمقدار الفعلى للأوزون هو مقدار صغير نسبياً، لأن كثافته منخفضة جداً. وعلى ذلك، فمن الممكن تماماً أن تتفاعل الجزيئات الاصطناعية مع طبقة الأوزون هذه وتدمرها - إما بشكل جزئى أو مؤقت أو حتى بشكل مستديم. وبالفعل، كان هناك منذ بضع سنوات اقتراح عسكرى أمريكى لمحاولة القيام بهذا على وجه التحديد ، بهدف قطع اتصالات الراديو التى تستخدم طبقة الأوزون كعاكس. ويمكن أن يكون إلغاء حلقات اتصال الراديو للعدو ذريعة قوية فى حالة الحرب، لكنه لحسن الحظ لم يتم تنفيذ هذه التجربة. وثمة عامل آخر أكثر شيوعاً، ولكنه على الدرجة ذاتها من الخطورة، ويتمثل فى التفكير بأن الجزيئات الهالوكربونية المستخدمة كدافعات الأيروسولات، قد يكون لها نفس التأثير، عن طريق نشر ذرات الكلور والفلور فى طبقة الاستراتوسفير . وقد عومل هذا الخوف بصورة جدية، حيث منع استخدام الدافعات فى العديد من الولايات الأمريكية؛ وفى تلك الأثناء ، تنبجس يومياً آلاف الأطنان من المواد الكيميائية فى جميع أنحاء العالم من تحت الإبط ومنها إلى السماوات ، مع ما يحمله ذلك من أخطار تدمر طبقة الأوزون الحامية.

الحرب

يحارب الناس دائماً الحرب السابقة بشكل أو بآخر. فهناك حالياً اهتمام كبير باستخدام ونشر الأسلحة النووية، لكننا لم نسمع الكثير عن الأسلحة الكيميائية، التى ذاق ويلاتها العديد فى الحرب العالمية الأولى. ولو اعتبرنا التطور فى الكيمياء منذ عام ١٩١٨، والزيادة الهائلة فى فهمنا للبيولوجيا على المستوى الجزيئى، لوجب أن نوجه اهتمامنا هنا أيضاً إلى استخدام العلم فى الحرب، سواء فى الدفاع أو الهجوم.

ومع ذلك ففى الكيمياء ، كما فى العديد من المجالات الأخرى ، كانت الحرب هى الحافز لبعض من أبرز التطورات بعيدة الأثر وطويلة المدى. فقبل الحرب العالمية الأولى، ابتكر الكيميائى الألمانى هابر طريقة تثبيت النتروجين - إنتاج الأمونيا من اتحاد النتروجين الموجود فى الجو مع الأكسجين . ولقد كانت هذه الطريقة ، هى التى يرجع إليها الفضل فى حل إحدى أكبر مشكلات القرن العشرين، وهى نقص الغذاء فى مواجهة الأعداد المتزايدة من الناس، من خلال توفير الأسمدة النتروجينية. ومع ذلك، فقد كان اهتمام هابر منصباً بالمثل على استخدام طريقته فى تصنيع النترات اللازمة للمجهود الحربى الألمانى. وبدون هابر، كان حصار الأسطول الملكى البريطانى سيحرم ألمانيا من الحصول على المتفجرات عام ١٩١٦ . وكان هابر هو صاحب الفضل كذلك فى إدخال الغاز السام(٢) poison gas فى الحرب، وبعد هزيمة ألمانيا حاول بصفة شخصية تسديد التعويضات عنها، عن طريق السعى إلى استخراج الذهب من ماء البحر؛ غير أن فكرته كانت مبنية على نتائج تحليلية غير دقيقة.

وبطريقة مشابهة تقريباً فى الحرب العالمية الثانية، احتاجت ألمانيا إلى إنتاج بدائل للمطاط ، ومرة أخرى قدم الكيميائيون البارعون هذه البدائل، من خلال أخذ فحم الكوك بعد استخلاص الغاز منه والحجر الجيرى كمواد خام واستخدامهما فى كيمياء الأستلين، الذى يمكن تصنيعه من هذه المصادر الرخيصة. وقد ابتكرت العديد من اللدائن، والمضادات الحيوية كلها تقريباً، بسبب الحرب - ومع ذلك، فقد تخلص وجهة نظر متزنة إلى أن الحرب العالمية الثانية، كانت حرب رجل الفيزياء أكثر منها حرب رجل الكيمياء.

---

(٢) الغاز السام: ذخائر كيميائية تطلق مع دانات المدفعية أو من عبوات تسقط من الطائرات وتنشر غازات سامة أو معجزة فى ساحة المعركة. وقد استخدمت هذه الغازات فى الحرب العالمية الأولى، وتشمل: الخردل والفوسجين والكلور. [المترجم]

خاتمة

الطبيعة هى نظام تطور على أساس جزيئى بصورة بطيئة جداً. ويستطيع الكيميائيون حالياً أن ينتجوا جزيئات جديدة بسرعة كبيرة ذات تركيبات وخصائص يمكن التنبؤ بها. ويجب أن نكون حريصين على ألا يدفعنا الجهل إلى الإخلال بميزان الطبيعة . وبصفة عامة، لم يقع الكيميائيون فى هذا المحظور . فقد قاموا باستنساخ الطبيعة وتعاونوا معها، ونتيجة لذلك قاموا بإسهامات بعيدة الأثر ومفيدة بشكل عام لحياة البشر.

فقد ساعدت الكيمياء سكان العالم على أن :

* يتحكموا فى أعدادهم ـ باستخدام وسائل منع الحمل.
* يكونوا أصحاء ـ باستخدام مضادات التسمم والعقاقير، التى يكفى أن كان لها الفضل فى القضاء على أمراض، مثل مرض السل الرئوى.
* يحصلوا على الغذاء ـ باستخدام الأسمدة ومبيدات الحشرات.
* يرتدوا الملابس ـ باستخدام الألياف الصناعية.
* يستخدموا الألوان ـ باستخدام الصبغات الحديثة.
* يقيموا فى منازل ـ من خلال إنشاء المبانى التى أدخلت فيها مواد لدائنية جديدة ومواد عازلة وغراء.
* يتمكنوا من السفر ـ من خلال تطوير كيمياء البترول.
* يستمتعوا بأوقات الفراغ ـ من خلال استخدام المواد الحديثة من القوارب والأدوات الرياضية ووسائل التسلية الأخرى.

وفى إيجاز، أدخل الاستغلال الكيميائى للجزيئات تحسينات كبيرة على نوعية الحياة لإنسان القرن العشرين.

وتفّوق الكيمياء كل فروع المعرفة الكبرى الأخرى فى صلتها الوثيقة بمجالات الصناعة الرئيسية، ومن ثم صلتها بالسياسة والاقتصاد. ومن هذا المنطلق، فهى أكثر قدرة على التأثير، قياساً بشقيقتيها: الفيزياء والبيولوجيا. ولما كانت العديد من كبرى الشركات العالمية شركات كيميائية، فإن أفضل الأبحاث على الإطلاق يجرى القيام بها فى الجامعات، ويأتى معظم التمويل لأعمال البحث من القطاع الخاص أكثر من القطاع العام. وعلى ذلك، فمن

المرجح أن تظل الكيمياء هى الموضوع النشط والكبير، حتى لو كانت تعد من وجهة نظر الجمهور، العلم الأقل إثارة عن بعض العلوم الأخرى.

وفى المستقبل، يحتمل أن تلاحق الكيمياء الأهداف العريضة، التى برزت واتضحت معالمها على مدى العقود القليلة الماضية، والتى تتمثل فى البحث عن حلول جزيئية لمشاكل المجتمع. ويبدو أن هناك هدفين واضحين لمثل هذا النهج، أحدهما غير عضوى والآخر عضوى. فيحتمل استخدام الكيميائيين غير العضويين الذين يهتمون بشكل متزايد بالمواد وخصائصها فى توفير العناصر الجزيئية للأجهزة الإلكترونية. أما الكيميائى العضوى، فسوف يمضى فى تقاربه مع المتخصص البيولوجى، خصوصاً فى مجال أبحاث المخ، ومع زيادة فهم وظائف المخ بصورة أفضل على المستوى الجزيئى، فسوف يكون هناك مجال هائل لمحاكاة العمليات الطبيعية والتداخل معها. ولو اعتبرنا المخ جهاز كمبيوتر، فإن فرعى الكيمياء قد يتدامجان. ولكن مهما كانت مشاكل العالم، فبما أنه عالم جزيئى، فيجب أن تكون هناك حلول جزيئية.

قراءات إضافية

Abbot, D. (ed.) The Biographical Dictionary of Science-Chemists, Blond Educational, London (1983).

Asimov, L, A Short History of Chemistry, Doubleday, London (1972).

Dawkins, R., The Selfish Gene, Oxford University Press (1976).

Dickerson, R. A., and Geiss, I., Chemistry, Matter, and the Universe, Benjamin, Menlo Park (1976).

Dickerson, R. E., Gray, H. B., and Haight, |G. P., Chemical Principles (3rd edn.), Bengamin/Cummings, Menlo Park (1979).

Gamov, G. Mr. Tompkins in Paperback, Cambridge University Press (1965).

Gardner, M., The Ambidextrous University, Allen Lane, London (1976).

Gasser, R. P.H., and Richards, W. G., Entropy and Energy Levels, Oxford University Press (1974).

Hill, G. C. and Holman, J. S., Chemistry in Context (2edn.), Thomas Nelson and Sons, Walton-on-Themes (1983).

Pilar, F. L., Chemistry the Universal Science, Addison-Wesley, Reading, Mass. (1978).

Rose, S., The Chemistry of Life (2nd edn.), Penguin, Harmondsworth (1979).

Rossotti, H., Introducing Chemistry, Penguin, Harmondsworth (1984).

Sharp, D.W.A. (ed.), The Penguin Dictionary of Chemistry, Penguin, Harmondsworth (1983).

Watson, J.D., The Double Helix, Norton, London (1980).

مسرد إنجليزى / عربى

A

Acetylcholine	أستيل كولين
Acetylene	أستلين
Acid rain	مطر حمضى
Adenine	أدنين
Adrenalin	أدرينالين
Aflatoxin	أفلاتوكسين
Agonist	(جزىء) شاد
Agrochemicals	كيماويات زراعية
Air	هواء
Alcohol	كحول
Alizarin	عصارة اليزارين (صباغ أحمر)
Alkaline earths	الأتربة القلوية
Aluminium	ألومينيوم
Amino acids	أحماض أمينية
Ammonia	أمونيا
Amphetamine	أمفيتامين
Anaemia, sicklecell	أنيميا الخلية المنجلية
Anaesthesia	تخدير
Aniline	أنيلين
Antagonist	(جزىء) ضاد
Antibacterials	مضادات جراثيمية
Antimalarials	مضادات ملاريا
Argon	أرجون
Atomic weight	وزن ذرى
Avogadro's number	عدد أفوجادرو

B

Baeyer, Adolf	أدولف، باير
Bakeland, Leo	ليو، بكلاند
Bakelite	باكليت
Batteries	بطاريات
Bauxite	بوكسيت
"bends"	«تحلي»
Benzodiazepines	بنزوديازبينات
beryllium	بريلليوم
beta-blockers	مضادات بيتا
"big bang"	انفجار عظيم
Bitumen	بيتومين
Bleach	تبييض
body scanners	ماسحات الجسم
Bohr, Nils	نيلز، بور
Bonds, covalent	تكافؤية، روابط
Bonner, William	وليام، بونر
Boron	بورون
Bosch, Carl	كارل، بوش
Brain	مخ
Bronze	برونز

C

Cadmium	كادميوم
Calcium	كالسيوم
Calcium carbonate	كربونات كالسيوم
Calorie	كالوري (وحدة الحرارة)
Cancer	سرطان
Caro, Heinrich	هنريك، كارو
CERN (European Centre for Nuclear Research)	المركز الأوربي للأبحاث النووية

Chemical engineering	هندسة كيميائية
Chemicals, fine	كيماويات دقيقة
Chemicals, heavy	كيماويات ثقيلة
Chemist, analytical	كيميائى تحليلى
Chemist, inorganic	كيميائى غير عضوى
Chemist, organic	كيميائى عضوى
Chemist, physical	كيميائى فيزيائى
Chemist synthetic	كيميائى تخليقى
Chemotherapy	علاج كيماوى
Chloroform	كلوروفورم
Chromatography	فصل كروماتو جرافى
Civetone	سيفتون (عطر)
Cocaine	كوكايين (قلوانى بلورى)
Colour	لون
Computer-aided design	تصميم بالكمبيوتر
Computer simulation	محاكاة بالكمبيوتر
Contraception	منع الحمل
Contraceptives	موانع الحمل
Cooking	طهى
Copper	نحاس
Cotton	قطن
Crick, Francis	فرانسيس، كريك
Curare	كورار (سم نباتى)
Cytosine	سيتوسين

D

Dale, Sir Henry	سير هنرى، دال
Dalton, John	جون، دالتون
DDT	دى دى تى
Detergent	منظف
Deuterium	ديوتريوم
Diamond	ماس
Diazonium salt	ملح ديازونيوم

Dihydrofolate reductase	ديهيدروفولات ردكتاز
Dipole	ازدواج قطبى
Dirac, Paul	بول، ديراك
Diving	غطس
DNA	د. ن. أ
Domagk, Gerhard	جيرهارد، دوماج
Dopamine	دوبامين
drugs	عقاقير
Duck, Donald	دونالد، دك
Dwarfism	قزمية
dyes	أصباغ

E

Einstein, Albert	ألبرت، آينشتين
Electronic state, excited	حالة إلكترونية، مستثارة
Elements, chemical	عناصر كيميائية
Enzyme	إنزيم
Ergot	إرغوت ـ فطر مبيد لبذور الحب
Erlich, Paul	بول، إيرليخ
Evolution	تطور
ethylene oxide	أكسيد إيثيلين
expanding universe	كون متمدد

F

Fibres	ألياف
Fireworks	ألعاب نارية
Fission, nuclear	انشطار نووى
Flavours	نكهات
Fleming, Sir Alexander	سير ألكسندر، فليمنج
Florey, Sir Howard	سير هوارد، فلورى
Forces, intermolecular	بين قوى جزيئية
Fungicides	مبيد فطريات
Fusion, nuclear	اندماج نووى

G

Gases, rare	غازات، نادرة
Gasoline	جازولين
Gene	جين
Genetic engineering	هندسة وراثية
Glass	زجاج
Glucose	جلوكوز
Glycogen	جليكوجين
Goitre	تضخم الغدة الدرقية
Gold	ذهب
Graphite	جرافيت
Greenhouse effect	ظاهرة الصوبة الزجاجية
Griess, peter	بطرس، جريس
Guanine	جوانين

H

Haber, Fritz	فريتز، هابر
Haemoglobin	هيموجلوبين
Halothane	هالوثان
Heisenberg, Werner	فارنر، هيزنبرج
Helium, Liquid	هيليوم، سائل
Herbicides	مبيدات أعشاب
Histamine	هيستامين
Hormones	هرمونات
Hoyle, Fred	فرد، هويل
Hydrocarbons	هيدروكربونات
Hydrogen bond	رابطة هيدروجينية

I

Ice	ثلج
Inertgases	غازات خاملة
Insecticides	مبيدات حشرية
Insulin	إنسولين
Interstellar molecules	جزيئات (بين) النجوم
Ion, potassium	أيون، بوتاسيوم
Ion, sodium	أيون، صوديوم
Iron	حديد
Isotope	نظير
Isotopes, radioactive	نظائر، مشعة

K

Kerosine	كيروسين
Krypton	كريبتون

L

Laser	ليزر
Lead	رصاص
Leukaemia	سرطان الدم
Lime	جير
Liquefaction	إسالة
Liquid crystals	بلورات سائلة
Loewi, Otto	أوتو، لوى
LSD	ثانى إثيل أميد حمض المهماز
Lubricants	مشحمات

M

Magnesium	مغنسيوم
Malaria	ملاريا
Mars	مريخ
Mass spectrometer	مقياس طيف الكتلة
Mass spectrometry	مطيافية الكتلة
Mendeleyev, Dmitri	ديمترى، مندليف
Mercury	زئبق
Metals	معادن
Methane	ميثان
Methotrexate	ميثوتركسات
Microwaves	موجات دقيقة
Minimata, disease	مرض ميناماتا
Mobius strip	شريط موبيوس
Molc	مول
Molecular models	نماذج جزيئية
Molecular weight	وزن جزيئى
Monoamine oxidase	مونامين أوكسيداز
Monomer	مونومر
Murex	مريق (محار)
Muscone	مسكون (عطر حيوانى)

N

Natta, Giulio	جيوليو، ناتا
Neon	نيون
Nerve gases	غازات أعصاب
Nerve, sensory	عصب حسى
Nervous system	جهاز عصبى
Neurotransmitters	ناقلات عصبية
Neutron	نترون
Nitrogen	نتروجين
Noradrenalin	نورأدرينالين
Nuclear magnetic resonance	رنين نووى مغنطيسى
Nuclei	نوى
Nylon	نايلون

O

Organic chemistry, definition	تعريف الكيمياء العضوية
Organometallics	فلزات عضوية
Oxygen	أكسجين
Ozone layer	طبقة أوزون

P

Paint	دهان
Parkinson's disease	داء باركينسون
Pasteur, Louis	باستير، لويس
Pauli, Wolfgang	ولفجانج، بولى
Pauling, Linus	لينوس، بولنج
Penicillin	بنسيلين
Periodic table of elements	الجدول الدورى للعناصر
Perkin, Sir William	سير وليام، بركن
Petrochemicals	بتروكيماويات
Pharmaceuticals	عقاقير صيدلية
Phenylalanine	فنيل ألينين
Pheromonas	فيرومونات
Photosynthesis	تمثيل ضوئى
Pilot plant	مصنع تجريبى
Plant-growth regulators	منظمات نمو النبات
Plastics	لدائن
Plastics, thermosetting	لدائن تتصلد بالحرارة
Poison gas	غاز سام
Polarized light	ضوء مستقطب
Pollution, atmospheric	تلوث جوى
Pollution, chemical	تلوث كيمائى
Polyethylene	بولى إيثيلين
Polymer	بوليمر
Polymerization	بلمرة
Polyperfluoroethylene	بولى برفلور إيثين
Polysaccharides	سكريات عدادية

Polystyrene	بوليستيرين
Polyvinyl acetate	خلات بوليفينيل
Polyvinyl chloride	كلوريد بوليفينيل
"potty putty"	لاقونة
Power-stations, nuclear	محطات الطاقة النووية
Pressure cooker	أواني الضغط
Primordial soup	حساء بدائي
Prontosil	برونتزيل
Prostaglandins	بروستجلنديات
Proteins	بروتينات
Proton	بروتون
Purity	نقاء

Q

Quartz	كوارتز
Quinine	كينين

R

Radicals	مجموعة ذرات
Radon	رادون
Rare Gases	غازات نادرة
Reactors, Nuclear	مفاعلات نووية
Receptors	مستقبلات
Refrigerators	مبردات
Respiration	تنفس
Retrosynthesis	تخليق ارتجاعي
Rubber	مطاط
Rutherford, Ernest	إرنست، رزرفورد

S

Sagittarius	كوكبة القوس
St Anthony's Fire	حريق القديس أنطونيوس
Salt (Na Cl)	ملح الطعام
Sanger, Frederick	فردريك، سانجر
Schrodinger, Erwin	إروين، شرودينجر
Scurvy	إسقربوط
Sex hormones	هرمونات الجنس
Sensory, nerve	عصب حسى
Shellac	صمغ اللك
Silicon chip	رقيقة سيليكون
Silicones	سليكونات
Silver	فضة
Smog	ضباب دخانى
Soap	صابون
Sodium	صوديوم
Sodium hydroxide	هيدروكسيد صوديوم (صودا كاوية)
Solution of gases	محلول غازات
Solution, aqueous	محاليل مائية
Strach	نشا
Staudinger, Hermann	هيرمان، ستاودنجر
Sulphonamides	سلفونميدات
Sulphur dioxide	ثانى أكسيد الكبريت
Sulphuric acid	حمض كبريتيك
Superconductivity	فرط الموصلية
Superhelix	فرط حلزونى
Symmetry	تماثل
Synapses	مشابك

T

Tartaric acid	حمض طرطريك
Temperature, absolute zero	درجة حرارة الصفر المطلق
Tenderizing	تطرية
Terylene	تيرلين
Thalidomide	ثاليدوميد
Thermodynamics, second law	القانون الثانى للديناميكا الحرارية
Thyamine	ثيامين
Tin	قصدير
Triplet code	شفرة ثلاثية
Uranium	يورانيوم

V

Vagusstoff	فاجوستوف
Valine	فالين
Venus	زهرة
Virus	فيروس
Vitaminc	فيتامين سى

W

Water, heavy	ماء ثقيل
Watson, James	جيمس،واتسون
Wohler, Friedrich	فريدريك،فوهلر
Wood	خشب

X

Xenon	زينون
X-ray crystallography	تحليل البلورات بالأشعة السينية

Z

Ziegler, Karl	كارل، زيجلر
Zinc	زنك

مسرد عربي / إنجليزي

أ

Alkaline earth	أتربة قلوية
Amino acids	أحماض أمينية
Adenine	أدنين
Adrenalin	أدرينالين
Argon	أرجون
Ergot	إرغوت
Dipole	ازدواج قطبي
Liquefaction	إسالة
Acetylene	أستيلين
Acetylcholine	أستيل كولين
Scurvy	أسقربوط
Dyes	أصباغ
Aflatoxin	أفلاتوكسين
Oxygen	أكسجين
Ethylene Oxide	أكسيد إيثلين
Einstein, Albert	آينشتين، ألبرت
Fireworks	ألعاب نارية
Aluminium	ألومينيوم
Fibres	ألياف
Ammonia	أمونيا
Amphetamine	أمفيتامين
Opium	أفيون
Nuclear fusion	اندماج نووي
Fission, nuclear	انشطار نووي
Enzyme	إنزيم
Insulin	إنسولين

أنيلين	Aniline
أنيميا الخلايا المنجلية	Anaemia, sickle-cell
أواني ضغط	Pressure cooker
إيرليخ، بول	Erlich, Paul
أيون بوتاسيوم	Ion, potassium
أيون صوديوم	Ion, sodium

ب

باستير، لويس	Pasteur, Louis
باير، أدولف	Baeyer, Adolf
باكليت	Bakelite
بتروكيماويات	Petrochemicals
بركن، سير وليام	Perkin, Sir William
بروتينات	Protein
بروتون	Proton
برونتزيل	Prontosil
بريلليوم	beryllium
بطاريات	batteries
بكلاند، ليو	Bakeland, Leo
بوكسايت	Bauxite
بنزوديازيبنات	Benzodiazepines
بنسلين	Penicillin
بورون	Boron
بوش، كارل	Bosch, carl
بولي إيثيلين	Polyethylene
بلمرة	Polymerization
بوليسترين	Polystyrene
بوليمر	Polymer
بولي برفلور إيثيلين	Polyperfluoroethylene
بولينج، لينوس	Pauling, Linus
بولي، وولفجانج	Pauli, Wolfgang
بونر، وليام	Bonner, William
بور، نيلز	Bohr, Nils
بيتومين	Bitumen

ت

Bleach	تبييض
X-ray crystallography	تحليل البلورات بالأشعة السينية
Blends	تحلى
Anaesthesia	تخدير
Retrosynthesis	تخليق ارتجاعي
Photosynthesis	تمثيل ضوئي
Computer-aided design	تصميم بالكمبيوتر
Goitre	تضخم الغدة الدرقية
Tenderizing	تطرية
Evolution	تطور
Organic chemistry, definition	تعريف الكيمياء العضوية
atmospheric Pollution	تلوث جوى
chemical Pollution	تلوث كيميائى
Symmetry	تماثل
Respiration	تنفس
Terylene	تيرلين

ث

Thalidomide	ثاليدوميد
Sulphur dioxide	ثانى أكسيد الكبريت
Ice	ثلج
Thymine	ثيامين

ج

Gasoline	جازولين
Periodic table of elements	جدول دورى للعناصر
Graphite	جرافيت
Griess, Peter	جريس، بطرس
Interstellar molecules	جزيئات بين النجوم
Glucose	جلوكوز

جليكوجين	Glycogen
جهاز عصبى	Nervous system
جوانين	Guanine
جير	Lime
جين	Gene

ح

حاصرات بيتا	Beta-blockers
حالة إلكترونية مستثارة	Excited electronic state excited
حديد	Iron
حريق القديس أنطونيوس	St Anthony's Fire
حساء بدائى	Primordial soup
حسى، عصب	Sensory nerve
حمض طرطريك	Trartaric acid
حمض كبريتيك	Sulphuric acid

خ

خشب	Wood
خلات بوليفينيل	Polyvinyl acetate

د

داء باركينسون	Parkinson's disease
دالتون، جون	Dalton, John
درجة حرارة الصفر المطلق	Temperature, absolute zero
دى. دى. تى	D. D. T
دك، دونالد	Duck, Donald
د. ن. أ	D. N. A
دهان	Paint
دوبامين	Dopamine
دوماج، جيرهارد	Domagk, Gerhard
ديهدروفولات ردكتاز	Dihydrofolate reductase

Dirac, Paul	ديراك، بول
deuterium	ديوتريوم

ذ

Gold	ذهب

ر

Hydrogen bond	رابطة هيدروجينية
Radon	رادون
Lead	رصاص
Silicon chip	رقيقة سليكون
Nuclear magnetic resonance	رنين نووي مغنطيسي
Bonds, covalent	روابط، تكافؤية

ز

Mercury	زئبق
Glass	زجاج
Zinc	زنك
Venus	زهرة (كوكب)
Ziegler, Karl	زيجلر، كارل
Xenon	زينون

س

Sanger, Fredrick	سانجر، فردريك
Staudinger, Herman	ستاودنجر، هيرمان
Cancer	سرطان
Sulphonamides	سلفوناميدات
Silicons	سليكونات
Superhelix	سوبر حلزون
Cytosine	سيتوسين

سير هنرى دال	Dale, Sir Henry
سيفتون (عطر)	Civetone

ش

شاد (جزىء)	Agonist
شريط موبيوس	Mobius
شفرة ثلاثية	Triple code

ص

صابون	Soap
صمغ اللك	Shellac
صوديوم	Sodium

ض

ضاد (جزىء)	Antagonist
ضباب دخانى	Smog
ضوء مستقطب	Polarized light

ط

طبقة أوزون	Ozone layer
طهى	Cooking

ظ

ظاهرة الصوبة الزجاجية	Greenhouse effect

ع

عدد أفوجادرو	Avogadro's number
عصارة اليزارين	Alizarin
عقاقير	Drugs

LSD	عقار نفاسى من المخدرات
Pharmaceuticals	عقاقير صيدلية
Chemotherapy	علاج كيماوى
Elements, chemicals	عناصر كيميائية

غ

Poison gas	غاز سام
Inert gases	غازات خاملة
Rare gases	غازات نادرة
Diving	غطس

ف

Vagusstoff	فاجوستف
Valine	فالين
Superconductivity	فرط الموصلية
Chromatography	فصل كروماتوجرافى
Silver	فضة
Organometallics	فلزات عضوية
Florey, Sir Howard	فلورى، سير هوارد
Fleming, Sir Alexander	فليمنج، سير ألكسندر
Phenylalanine	فنيل ألانين
Vitamin C	فيتامين سى
Vitamins	فيتامينات
Pheromonas	فيرومونات
Virus	فيروس
Wohler, Fridrich	فوهلر، فردريك

ق

Thermodynamics, second law of	القانون الثانى للديناميكا الحرارية
Dwarfism	قزمية

Cotton	قطن
Lead	قصدير
Forces, Intermolecular	قوى بين جزيئية

ك

Cadmium	كادميوم
Caro, Heinrich	كارو، هنريك
Calcium	كالسيوم
Calorie	كالورى
alcohol	كحول
Calcium carbonate	كربونات كالسيوم
Krypton	كريبتون
Crick, Francis	كريك، فرانسيس
Chloroform	كلوروفورم
Polyvinyl chloride	كلوريد بوليفينيل
Curare	كورار
Quartz	كوارتز
Cocaine	كوكايين
Sagittarius	كوكبة القوس
Expanding universe	كون متمدد
Kerosine	كيروسين
Heavy chemicals	كيماويات ثقيلة
Fine chemicals	كيماويات دقيقة
Agrochemicals	كيماويات زراعية
Analytical chemist	كيميائى تحليلى
Chemist, synthetic	كيميائى تخليقى
Chemist, organic	كيميائى عضوى
Chemist, inorganic	كيميائى غير عضوى
Chemist, physical	كيميائى فيزيائى
Quinine	كينين

ل

Potty putty	لاقونة
Plastics	لدائن
Plastics, theromsetting	لدائن تتصلد بالحرارة
Colour	لون
Laser	ليزر

م

Water, heavy	ماء ثقيل
Diamond	ماس
Refrigerators	مبردات
Insecticides	مبيدات حشرية
Fingicides	مبيد فطريات
Radicals	مجموعة ذرات
Solution of gases	محلول غازات
Aqueous solution	محلول مائي
Computer simulation	محاكاة بالكمبيوتر
Power stations. nuclear	محطات القوى النووية
Brain	مخ
CERN (European Centre Nuclear Research)	المركز الأوربي للأبحاث النووية
Minimata, disease	مرض ميناماتا
Mars	مريخ
Murex	مريق (محار)
Receptors	مستقبلات
Muscone	مسكون (عطر)
Synapses	مشابك
Iubricants	مشحمات
Antibacterials	مضادات جراثيم
Antimalarials	مضادات ملاريا
Rubber	مطاط
Acid rain	مطر حمضي
MetalsMagnesium	معادن
Mass spectrometer	مغنسيوم

مطيافية الكتلة	Reactors, Nuclear
مفاعلات نووية	Reactors, Nuclear
مقياس طيف الكتلة	Mass spectrometry
ملاريا	Malaria
ملح ديازونيوم	Diazonium salt
ملح الطعام	Salt (Na CI)
مندليف، ديمترى	Mendeleyev, Dmitri
منظف	Detergent
منظمات نمو النبات	Plant growth regulators
منع الحمل	Contraception
موانع الحمل	Contraceptives
موجات دقيقة	Microwaves
مول	Mole
مونامين أوكسيداز	Monamine Oxidase
مونومر	Monomer
ميثان	Methane
ميثوتركسات	Methotrexte

ن

ناتا، جيوليو	Natta, Giulio
ناقلات عصبية	Neurotransmitters
نتروجين	Nitrogen
نترون	Neutron
نشا	Starch
نظير	Isotope
نظائر مشعة	Isotopes, radioactive
نقاوة	Purity
نكهات	Flavours
نماذج جزيئية	Molecular models
نيون	Neon
نورأدرينالين	Noradrenalin
نيلون	Nylon
نوى	Nuclei

هـ

Air	هواء
Haber, Fritz	هابر، فريتز
Halothane	هالوثان
Hormones	هرمونات
Sex hormones	هرمونات الجنس
Helium	هليوم
Helium, liquid	هليوم سائل
Genetic engineering	هندسة وراثية
Chemical engineering	هندسة كيميائية
Hoyle, Fred	هويل، فرد
Hydrocarbons	هيدروكربونات
Sodium hydroxide	هيدروكسيد الصوديوم
Heisenberg, Werner	هيزنبرج، فارنر
Histamine	هيستامين
Haemoglobin	هيموجلوبين

و

Pilot plant	وحدة صناعية تجريبية
Atomic weight	وزن ذرى
Molecular weight	وزن جزيئى
Watson, James	واطسون، جيمس

ى

Uranium	يورانيوم

ملحق
الأسماء الكيميائية الشائعة

الاسم الشائع	الاسم الكيميائي
أسيتون	ثنائي ميثيل الكيتون
كحول	كحول إثيلي
أمونيا	هيدروكسيد الأمونيوم
صودا الخبز	بيكربونات الصوديوم
مسحوق التبييض (كلوريد الجير)	كلوريد الكالسيوم الأكسجيني
بوراكس	بورات الصوديوم الثلاثي
كبريت	كبريت
كالوميل	كلوريد الزئبق
حمض الكربوليك	فينول
ثالث كلوريد الكربون	كلور الميثان الرباعي
كاربوندوم	كربيد الكالسيوم
صودا كاوية	هيدروكسيد الصوديوم
طباشير	كربونات الكالسيوم
طباشير (سبورة)	كبريتات الكالسيوم
كلوروفورم	كلور الميثان الثلاثي
شراب القمح	جلوكوز سكر العنب
زبدة الطرطير	ترترات هيدروجين البوتاسيوم
ماس	كربون
ثلج جاف	ثاني أكسيد الكربون (صلب)
ملح إنجليزي	كبريتات الماغنسيوم
إثيل	ثلاثي إثيل الرصاص
غاز المناجم	ميثان
جلسرين	جليسرول
جرافيت	كربون
البيريت	ثاني كبريتيد الحديد

الغاز المضحك	أكسيد النتروجين
حجر الجير	كربونات الكالسيوم
ماء جيرى	محلول هيدروكسيد الكالسيوم
ماغنسيوم	أكسيد الماغنسيوم
رخام	كربونات الكالسيوم
غاز المستنقعات	ميثان
حليب المانيزيا	هيدروكسيد الماغنسيوم (مائى)
كورات نفتالين	نافثالين
حمض الموريانيك	حمض الإيدروكلوريد
زيت الزاج	حمض الكبريتيك
بيروكسيد	فوق أكسيد الهيدروجين
مصيص	كبريتات الكالسيوم
بوتاس	كربونات الكالسيوم
كوارتز	ثانى أكسيد السليكون
جير حى	أكسيد الكالسيوم
زئبق	زئبق
ملح النوشادر	كلوريد الأمونيوم
ملح صخرى	نترات البوتاسيوم
ملح الليمون	حمض الستريك
رمل	ثانى أكسيد السليكون (غير نقى)
جير مطفأ	هيدروكسيد الكالسيوم
صابون	أستيرات الصوديوم
سكر	سكروز
كبريتيد الإيدروجين	كبريتيد الإيدروجين
ملح الطعام	كلوريد الصوديوم
ثالث كلور الإثيلين	كلوريد إثيلين ثلاثى
خل	حمض الخليك (مخفف)
صودا الغسيل	كربونات الصوديوم
زجاج	سليكات الصوديوم
أبيض الزنك	أكسيد الزنك

تعريفات كيميائية

الكيمياء : هى أحد فروع العلم، يعالج تركيب كل صيغ المادة والتغيرات من صيغة إلى أخرى.

الذرة : أصغر جزء من العنصر النقى، والذى يدخل فى تفاعلاته الكيميائية. تتكون الذرة من نوا ة موجبة الشحنة تحتوى على بروتونات ونترونات، وتحيط بالنواة إلكترونات سالبة الشحنة تدور فى مدارات معينة.

الرقم الذرى لعنصر: هو مجموع الإلكترونات الموجودة فى الأغلفة المحيطة بالنواة.

الوزن الذرى لعنصر: هو متوسط الأوزان الذرية لجميع ذرات العنصر.

عدد أفوجادرو: رقم يساعد على حساب الذرات أو الجزيئات فى مادة معروفة الكتلة.

العنصر: مادة تتكون من ذرات لها نفس الرقم الذرى، وتحتوى كل ذرات العنصر على نفس العدد من البروتونات داخل النواة، ونفس العدد من الإلكترونات المدارية، إذا كانت متعادلة.

الغلاف الجوى: هو غلاف من الغازات يحيط بالأرض. ويتكون من النتروجين والأكسجين والأرجون وثانى أكسيد الكربون والهيدروجين، وكميات قليلة من الغازات الخاملة بنسب ثابتة وبخار الماء، وهو أهم مكون متغير فى الهواء.

الغازات الخاملة: توجد الغازات الخاملة فى الهواء. يوجد الهليوم كجزء من بعض الرواسب فى الغاز الطبيعى، والرادون كعنصر غازى ثقيل ناتج عن النشاط الإشعاعى للراديوم، وهو خامل كيميائياً.

الوزن الجزيئى: نسبة وزن جزىء مركب ما إلي وزن مرجعى يساوى مجموع الأوزان الذرية للذرات المكونة للجزىء.

الجزىء: جسيم مكون من ذرتين أو أكثر فى اتحاد كيميائى، وهو يمثل أصغر وحدة فى المركب الكيميائى.

تحليل البلورات بالأشعة السينية: استخدام حيود الأشعة السينية على البلورات لتعيين التركيب البلورى للمواد.

البلمرة: اتحاد عدد كبير من الجزيئات المتشابهة لتكوين جزىء واحد.

انشطار نووى: انشطار نواة ثقيلة إلى نواتين أصغر متساويتى الكتلة تقريبا، ويكون مصحوباً بانبعاث النترونات وأشعة جاما، وفى حالات نادرة، قد يكون الانشطار إلى أكثر من نواتين.

الاندماج النووى: العملية التى تتم فيها تفاعلات نووية اندماجية.

الموجات الدقيقة: الموجات الكهرومغنطيسية ذات الأطوال الموجية فى المدى بين ٠,٣ إلى ٣٠سم.

حالة إثارة: حالة بعض الجسيمات، مثل النواة أو الذرة أو الجزىء، عندما تكون عند مستوى طاقى أعلى من المستوى العادى.

صدر من هذه السلسلة

أولاً: الموسوعات والمعاجم

ليونارد كوتريل، الموسوعة الأثرية العالمية

ويليام بيتر، معجم التكنولوجيا الحيوية

ج.كارلوك، تبسيط المفاهيم الهندسية

ب. كوملان، الأساطير الإغريقية والرومانية

و. د. هاملتون وآخرون، المعجم الجيولوجي المصور في المعادن والصخور والحفريات

حسام الدين زكريا، المعجم الشامل للموسيقى العالمية (ج١)

ثانياً: الدراسات الاستراتيجية وقضايا العصر

د.محمد نعمان جلال، حركة عدم الانحياز في عالم متغير

إريك موريس، آلان هو، الإرهاب

ممدوح عطية، البرنامج النووي الإسرائيلي

د. لينوار تشامبرز رايت، سياسة الولايات المتحدة الأمريكية إزاء مصر

إزرا ف. فوجل، المعجزة اليابانية

د. السيد نصر السيد، إطلالات على الزمن الآتي

بول هاريسون، العالم الثالث غداً

مجموعة من العلماء، مبادرة الدفاع الاستراتيجي: حرب الفضاء

و. مونتجمري وات، الإسلام والمسيحية في العالم المعاصر

بادي أونيمود، أفريقيا الطريق الآخر

فانس بكارد ، إنــهم يصنعون البشر (٢ج)

مارتن فان كريفلد،حرب المستقبل

ألفين توفلر ، تحول السلطة (٢ج)

ممدوح حامد عطية ، إنهم يقتلون البيئة

د.السيد أمين شلبي، جورج كينان

يوسف شرارة ، مشكلات القرن الحادي والعشرين والعلاقات الدولية

د. السيد عليوه، إدارة الصراعات الدولية

د. السيد عليوه، صنع القرار السياسي

جرج كاشمان، لماذا تنشب الحروب(٢ج)

ايمانويل هيمان، الأصولية اليهودية

ثالثاً: العلوم والتكنولوجيا

ميكائيل ألبي، الإنقراض الكبير

فيرنر هيزنبرج، الجزء والكل: محاورات في مضمار الفيزياء الذرية

فريد هويل، البذور الكونية

ويليام بينز، الهندسة الوراثية للجميع

د. جوهان دورشنر، الحياة في الكون كيف نشأت وأين توجد

اسحق عظيموف، الشموس المتفجرة (أسرار السوبرنوفا)

روبرت لافور، البرمجة بلغة السي باستخدام تيربوسي (٢ج)

ادوارد إيه فايجينباوم، الجيل الخامس للحاسوب

د. محمود سري طه، الكمبيوتر في مجالات الحياة

د. مصطفى عناني، الميكروكمبيوتر

ي. رادو نسكايا ، الإلكترونيات والحياة الحديثة

جلال عبد الفتاح، الكون ذلك المجهول

فرد س. هيس، تبسيط الكيمياء

كاثى ثير، تربية الدولفين

د.محمد زينهم، تكنولوجيا فن الزجاج

لارى جونيك ومارك هويليس، الوراثة والهندسة الوراثية بالكاريكاتير

جينا كولاتا، الطريق إلى دوللي

دور كاس ماكلينتوك، صور أفريقية: نظرة على حيوانات أفريقيا

اسحق عظيموف، أفكار العلم العظيمة

د.مصطفى محمود سليمان، الزلازل

بول دافيز، الدقائق الثلاث الأخيرة

وليام هـ.. ماثيوز، ما هي الجيولوجيا؟

اسحق عظيموف، العلم وآفاق المستقبل

ب. س. ديفيز، المفهوم الحديث للمكان والزمان

محمود سرى طه، الاتجاهات المعاصرة للطاقة

بانش هوفمان، آينشتين

زانيلسكي ف. س.، الزمن وقياسه

ر .ج. فوربس، تاريخ العلم والتكنولوجيا (ج٢)

د.فاضل أحمد الطائي، أعلام العرب في الكيمياء

رولاند جاكسون، الكيمياء في خدمة الإنسان

إبراهيم القرضاوي، أجهزة تكييف الهواء

ديفيد الدرتون، تربية أسماك الزينة

أندريه سكوت، جوهر الطبيعة

إيجور إكيموشكين، الإيكولوجي

بارى باركر، السفر في الزمان الكوني

ديمتري ترايتونوف، ظلال الكيمياء

جيفري ماوساييف ماسون، حين تبكي الأفيال

ليونارد أ. كول، السلاح الحادى عشر

و. جراهام ريتشاردز، أسرار الكيمياء

رابعاً: الاقتصاد

د. نورمان كلارك، الاقتصاد السياسي للعلم والتكنولوجيا

سامى عبد المعطى، التخطيط السياحي في مصر

جابر الجزار، ماستريخت والاقتصاد المصري

ولت ويتمان روستو، حوار حول التنمية الاقتصادية

فيكتور مورجان، تاريخ النقود

خامساً: مصر عبر العصور

محرم كمال، الحكم والأمثال والنصائح عند المصريين القدماء

فرانسوا ديماس، آلهة مصر

سيريل ألدريد، إخناتون

موريس بيربرر، صناع الخلود

بكنت أ. كتشن، رمسيس الثاني: فرعون المجد والانتصار

آلن شورتر، الحياة اليومية في مصر القديمة

ونفرد هولمز، كانت ملكة على مصر

جاك كرابس جونيور، كتابة التاريخ في مصر

نفتالى لويس، مصر الرومانية

عبده مباشر، البحرية المصرية من محمد على للسادات (١٨٠٥ – ١٩٧٣)

د. السيد طه أبو سديرة، الحرف والصناعات في مصر الإسلامية

أ. أ. س. ادواردز، أهرام مصر

سومرز كلارك، الآثار القبطية في وادى النيل

كريستيان ديروش نوبلكور، المرأة الفرعونية
بيل شول وأدبنيت، القوة النفسية للأهرام
جيمس هنرى برستد، تاريخ مصر
د. بيارد دودج، الأزهر فى ألف عام
أ. سبنسر، الموتى وعالمهم فى مصر القديمة
ألفريد ج. بتلر، الكنائس القبطية القديمة فى مصر (ج٢)
روز اليندم، أطفال المصرى القديم
ج. و. مكفرسون، الموالد فى مصر
جون لويس بوركهارت، العادات والتقاليد المصرية من الأمثال الشعبية
سوزان راتييه، حتشبسوت
مرجريت مرى، مصر ومجدها الغابر
أولج فولكف، القاهرة مدينة ألف ليلة وليلة
د. محمد أنور شكرى، الفن المصرى القديم
ت.ج. جيمز، الحياة أيام الفراعنة
إيفان كونج، السحر والسحرة عند الفراعنة
تشارلز نيمس، طيبة (آثار الأقصر)
رندل كلارك، الرمز والأسطورة فى مصر القديمة
ديمترى ميكس، الحياة اليومية للآلهة الفرعونية
محمد عبد الحميد بسيونى، بانوراما فرعونية

سادساً: الكلاسيكيات

جاليليو جاليليه، حوار حول النظامين الرئيسين للكون (ج٣)
وليم مارسدن، رحلات ماركو بولو (ج٣)
أبو القاسم الفردوسى، الشاهنامة (ج٢)
إدوارد جيبون، اضمحلال الإمبراطورية الرومانية وسقوطها (ج٣)
ناصر خسرو علوى، سفر نامة
فيليب عطية، ترانيم زرادشت

سابعاً: الفن التشكيلى والموسيقى

عزيز الشوان، الموسيقى تعبير نغمى ومنطق
ألويز جرايتر، موتسارت
شوكت الربيعى، الفن التشكيلى المعاصر فى الوطن العربى
ليوناردو دافنشى، نظرية التصوير
د.غبريال وهبه، أثر الكوميديا الإلهية لدانتى فى الفن التشكيلى
روبين جورج كولنجوود، مبادئ الفن
مارتن جك، يوهان سباستيان باخ
ميخائيل ستيجمان، فيفالدى
هيربرت ريد، التربية عن طريق الفن
أدامز فيليب، دليل تنظيم المتاحف
حسام الدين زكريا، أنطون بروكنر
جيمس جينز، العلم والموسيقى
هوجولا يختنتريت، الموسيقى والحضارة
محمد كمال إسماعيل، التحليل والتوزيع الأوركسترالى
د.صالح رضا، ملامح وقضايا فى الفن التشكيلى المعاصر
إدموندو سولمى، ليوناردو
سيوناليد ميرى روبرتسون، الأشغال الفنية والثقافة المعاصرة

ثامناً: حضارات عالمية

جاكوب برونوفسكى، التطور الحضارى للإنسان
س. م. بورا، التجربة اليونانية
جوستاف جرونيباوم، حضارة الإسلام

أ. د. جرني، الحيثيون
ل. ديلابورت، بلاد ما بين النهرين
ج. كونتنو، الحضارة الفينيقية
آدم متز، الحضارة الإسلامية (ج١)
جوزيف نيدهام، تاريخ العلم والحضارة في الصين
ستيفن رنسيمان، الحضارة البيزنطية
سبتينو موسكاتي، الحضارات السامية

تاسعاً: التاريخ

جوزيف داهموس، سبع معارك فاصلة في العصور الوسطى
هنري بيرين، تاريخ أوربا في العصور الوسطى
أرنولد توينبي، الفكر التاريخي عند الإغريق
بول كولز، العثمانيون في أوربا
جوناثان ريلي سميث ، الحملة الصليبية الأولى وفكرة الحروب الصليبية
د. بركات أحمد، محمد واليهود
ستيفن أوزمنت، التاريخ من شتى جوانبه (٣ج)
و. بارتولد، تاريخ الترك في آسيا الوسطى
فلاديمير تيسمانيانو، تاريخ أوربا الشرقية
د.ألبرت حوراني، تاريخ الشعوب العربية (٢ج)
نويل مالكوم، البوسنة
جاري. ب. ناش، الحمر والبيض والسود
أحمد فريد رفاعي، عصر المأمون (٢ج)
آرثر كيستلر، القبيلة الثالثة عشرة ويهود اليوم
ناجاي متشيو، الثورة الإصلاحية في اليابان
محمد فؤاد كوبريلي، قيام الدولة العثمانية
د. إيرار كريم الله من هـم التتار؟
ستيفن رانسيمان، الحملات الصليبية
آلبان .ويد جرى، التاريخ وكيف يفسرونه (٢ج)

جوسيبي دي لونا، موسوليني
جوردون تشيلد، تقدم الإنسانية
هـ. ج. ولز، معالم تاريخ الإنسانية (٤ج)
يوهان هويزنجا، اضمحلال العصور الوسطى
هـ ج ويلز، موجز تاريخ العالم
لورد كرومر، الثورة العرابية
حمدي عثمان، هؤلاء حكموا مصر
جوزيف دلي، الحضارة العربية في مصر
و. مونتجمري وات، محمد في مكة

عاشراً: الجغرافيا والرحلات

ت.و. فريمان، الجغرافيا في مائة عام
ليستردل راي، الأرض الغامضة
رحلة جوزيف بتس (الحاج يوسف)
اميليا ادواردز، رحلة الألف ميل
رحلات فارتيما (الحاج يونس المصري)
رحلة بيرتون إلى مصر والحجاز (٣ج)
رحلة عبد اللطيف البغدادي في مصر
رحلة الأمير رودلف إلى الشرق (٣ج)
يوميات رحلة فاسكو داجاما
س . هوارد، أشهر الرحلات إلى غرب أفريقيا
إريك أكسيلون، أشهر الرحلات في جنوب أفريقيا

حادي عشر: الفلسفة وعلم النفس

جون بورر، الفلسفة وقضايا العصر(٣ج)
سوندراي، الفلسفة الجوهرية
جون لويس، الإنسان ذلك الكائن الفريد
سدني هوك، التراث الغامض:ماركس والماركسيون
إيفري شاتزمان، كوننا المتمدد

ادوارد دو بونو، التفكير المتجدد

رونالد دافيد لانج، الحكمة والجنون والحماقة

د.توماس أ. هاريس، التوافق النفسي: تحليل المعاملات الإنسانية

د. أنور عبد الملك، الشارع المصري والفكر

نيكولاس ماير، شارلوك هولمز وليالي فرويد

أنطوني دي كرسبني، أعلام الفلسفة المعاصرة

جين وروبرت هاندلي، كيف تتخلصين من القلق؟

هـ ج. كريل، الفكر الصيني

د. السيد نصر السيد، الحقيقة الرمادية

برتراند راسل، السلطة والفرد

مارجريت روز، ما بعد الحداثة

كارل بوبر، بحثا عن عالم أفضل

ريتشارد شاخت، رواد الفلسفة الحديثة

جوزيف داهموس، سبعة مؤرخين في العصور الوسطى

د. روجر ستروجان، هل نستطيع تعليم الأخلاق للأطفال؟

إريك برن، الطب النفسي والتحليل النفسي

سرتون بورتر، الحياة الكريمة (٢ج)

فرانكلين ل. باومر، الفكر الأوربي الحديث (٤ج)

هنري برجسون، الضحك

أرنست كاسيرر، في المعرفة التاريخية

و. مونتجمري وات، القضاء والقدر

إدوارد دو بونو، التفكير العملي

ثاني عشر: العلوم الاجتماعية

د.محيي الدين أحمد حسين، التنشئة الأسرية والأبناء الصغار

م. و ترانج، ضمير المهندس

رايموند وليامز، الثقافة والمجتمع

روي روبرتسون، الهيروين والإيدز

بيتر لوري، المخدرات حقائق نفسية

د.ليو بوسكاليا، الحب

برنسلاو مالينوفسكي، السحر والعلم والدين

بيتر ر.داي، الخدمة الاجتماعية والانضباط الاجتماعي

بول جيرهارت، تعليم المعوقين

أرنولد جزل، الطفل من الخامسة إلى العاشرة

رونالد د. سمبسون، العلم والطلاب والمدارس

ثالث عشر: المسرح

لويس فارجاس، المرشد إلى فن المسرح

برونو باشينسكي، حفلة مانيكان

جلال العشري، فكرة المسرح

جان بول سارتر؛ جورج برنارد شو؛ جان أنوي مختارات من المسرح العالمي

د.عبد المعطي شعراوي، المسرح المصري المعاصر: أصله وبدايته

توماس ليبهارت، فن المايم والبانتومايم

زيجمونت هبنر، جماليات فن الإخراج

أوجين يونسكو، الأعمال الكاملة (٢ج)

الان ماكدونالد، مسرح الشارع

نك كاي، ما بعد الحداثية والفنون الأدائية

بيتر بروك، التفسير والتفكيك والإيديولوجية

رابع عشر: الطب والصحة

بوريس فيدوروفيتش سيرجيف، وظائف الأعضاء من الألف إلى الياء

د.جون شندلر، كيف تعيش ٣٦٥ يوما في السنة

د.ناعوم بيتروفيتش، التحلل والطب

م. هـ. كنج، التغذية في البلدان النامية

خامس عشر: الآداب واللغة

برتراند رسل، أحلام الأعلام وقصص أخرى

ألدس هكسلي، نقطة مقابل نقطة

جول ويست، الرواية الحديثة : الإنجليزية والفرنسية

د.أنور المعداوي، على محمود طه: الشاعر والإنسان

جوزيف كونراد، مختارات من الأدب القصصي

تاجور شين بن بنج وآخرون، مختارات من الأدب الآسيوية

محمود قاسم، الأدب العربي المكتوب بالفرنسية

جابرييل جارسيا ماركيز، الجنرال في متاهة

سوريال عبد الملك، حديث النهر

د.رمسيس عوض، الأدب الروسي قبل الثورة البلشفية وبعدها

مختارات من الأدب الياباني: الشعر، الدراما، الحكاية، القصة القصيرة

ديفيد بشبندر، نظرية الأدب المعاصر

نادين جورديمر وآخرون، سقوط المطر وقصص أخرى

رالف ئي ماتلو، تولستوي

والتر ألن، الرواية الإنجليزية

هادي نعمان الهيتي، أدب الأطفال

مالكوم برادبري، الرواية اليوم

لوريتو تود، مدخل إلى علم اللغة

ب. إفور إيفانز، موجز تاريخ الدراما الإنجليزية

ج. س. فريزر، الكاتب الحديث وعالمه (٢ج)

جورج ستاينر، بين تولستوي ودستويفسكي (٢ج)

ديلان توماس، مجموعة مقالات نقدية

فيكتور برومبير، ستندال

فيكتور هوجو، رسائل وأحاديث من المنفى

يانكو لافرين، الرومانتيكية والواقعية

د.نعمة رحيم العزاوي، أحمد حسن الزيات كاتباً وناقداً

ف.برسيلوف، دستويفسكي

لجنة الترجمة بالمجلس الأعلى للثقافة، الدليل الببليوجرافي:روائع الآداب العالمية (ج١)

محسن جاسم الموسوي، عصر الرواية : مقال من النوع الأدبي

هنري باربوس، الجحيم

ميجيل دي ليبس، الفئران

روبرت سكولز وآخرون، آفاق أدب الخيال العلمي

يانيس ريتسوس، البعيد (مختارات شعرية)

ب. إفور ايفانز، مجمل تاريخ الأدب الإنجليزي

فخري أبو السعود، في الأدب المقارن

سليمان مظهر، أساطير من الشرق

ف.ع. أديكوف، فن الأدب الروائي عند تولستوي

د. صفاء خلوصي، فن الترجمة

سادس عشر: الإعلام

فرانسيس ج. برجين، الإعلام التطبيقي

بيير البير، الصحافة

هربرت شيلر، الاتصال والهيمنة الثقافية

سابع عشر: السينما

هاشم النحاس، الهوية القومية في السينما العربية

ج.دادلى أندرو، نظريات الفيلم الكبرى
روى آرمز ، لغة الصورة فى السينما المعاصرة
هاشم النحاس، صلاح أبو سيف (محاورات)
جان لويس بورى وآخرون ، فى النقد السينمائى الفرنسى
محمود سامى عطا الله ، الفيلم التسجيلى
ستانلى جيه سولومون ، أنواع الفيلم الأمريكى
جوزيف وهارى فيلدمان، ديناميكية الفيلم
قدرى حفنى، الإنسان المصرى على الشاشة
مونى براح، السينما العربية من الخليج إلى المحيط
حسين حلمى المهندس، دراما الشاشة بين النظرية والتطبيق للسينما والتليفزيون (٢ج)
إدوارد مرى، عن النقد السينمائى الأمريكى
جوزيف م. بوجز، فن الفرجة على الأفلام
سعيد شيمى، التصوير السينمائى تحت الماء
دوايت سوين ، كتابة السيناريو للسينما
هاشم النحاس، نجيب محفوظ على الشاشة
يوجين فال، فن كتابة السيناريو
دانييل أريخون، قواعد اللغة السينمائية
كريستيان سالبه ، السيناريو فى السينما الفرنسية
آلان كاسبيار، التذوق السينمائى
تونى بار، التمثيل للسينما والتلفزيون
بيتر نيكولز، السينما الخيالية
بول وارن، خفايا نظام النجم الأمريكى
دافيد كوك، تاريخ السينما الروائية

ثامن عشر: كتب غيرت الفكر الإنسانى

سلسلة لتلخيص التراث الفكرى الإنسانى فى صورة عروض موجزة لأهم الكتب التى ساهمت فى تشكيل الفكر الإنسانى وتطوره مصحوبة بتراجم لمؤلفيه وقد صدر منها ٩ أجزاء.

تاسع عشر: الأعمال المختارة

يوهان هويزنجا، أعلام وأفكار
د.مصطفى طه بدر، محنة الإسلام الكبرى
ت. كويلر ينج، الشرق الأدنى
جيمس نيومان، ميشيل ويلسون، رجال عاشوا للعلم
ابن زمبل الرمال، آخرة المماليك
د. محمد عوض محمد، نهر النيل
آرثر كريستنسن، إيران فى عهد الساسانيين
أوجست دييس، أفلاطون
يعقوب فام، البراجماتية
بلوطرخوس، العظماء

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الإيداع بدار الكتب ١٦٨٦٤ / ٢٠٠٠

I.S.B.N 977 - 01 - 7024 - 0

الكيمياء هى أحد فروع العلم التى تختص بدراسة الجزيئات، وبما أن كل شىء تقريبًا يتكون من جزيئات - بدءًا من الغبار الموجود فى الفضاء النجمى إلي آليات المخ - فهى من أكثر مجالات العلم شمولاً. فهى تشتمل على الفيزياء من جانب وعلى البيولوجيا من الجانب الآخر، ومن ثم فهى تمتد إلى أوجه عديدة من الحياة اليومية.

يقدم و. جراهام ريتشاردز للقارئ غير المتخصص عرضاً مثيراً وحقيقياً عن المشاكل الأساسية التى تواجهها الكيمياء حالياً، ويبحث التطورات المستقبلية المحتملة. وهو يشرح بأسلوب مبسط كيف تتحد الذرات لتكون الجزيئات، ويستكشف المهمة الأساسية الملقاة على عاتق الكيميائيين، ألا وهى تخليق جزيئات جديدة. ومن بين المواد الجديدة التى تم تخليقها: العقاقير واللدائن والمنظفات والأصباغ والكيماويات الزراعية.

ويبرز الكتاب أوجه التقدم الرائعة التى حدثت فى المعرفة الكيميائية لعلم الوراثة وآليات الكائنات الحية، إذ تعد مدخلاً أساسياً للهندسة الور اثية ولابتكار عقاقير جديدة بأساليب حديثة. وفى الوقت ذاته، لا يتجاهل الكتاب المشاكل الأخلاقية والاجتماعية العديدة التى أفرزتها الكيمياء الجديدة، مثل التعديل الجينى، والتلوث البيئى.



مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب


Exclusive
For
www.ibtesama.com